

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU

DESIGN OF THE ELECTRON MICROSCOPE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Anna Švajdová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Škaroupka, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Studentka: **Bc. Anna Švajdová**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **Ing. David Škaroupka, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design elektronového mikroskopu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řešeným problémem je univerzální charakter mikroskopu. K jeho komoře je nutné připojovat řadu dalších zařízení, které komplikují jednotný styl krytování. Tím je oslabena identifikace zařízení se značkou, marketingová komunikace a v některých případech i ergonomie celého pracoviště.

Typ práce: vývojová – designérská
Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem práce je zachovat vizuální identitu a konzistenci návrhu i po připojení uživatelských zařízení, kamer, detektorů a dalších.

Dílčí cíle diplomové práce:

- na stávajícím elektronovém mikroskopu identifikovat klíčové body řešení,
- definovat možné koncepční varianty pro splnění hlavního cíle,
- navrhnout ergonomii pracoviště s elektronovým mikroskopem,
- explicitně popsat, kde v návrhu došlo ke zlepšení oproti výchozímu stavu.

Požadované výstupy: publikace, průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam doporučené literatury:

TEDESCHI, Arturo. AAD_Algorithms-aided design: parametric strategies using grasshopper. Brienza, Italy: Le Penseur Publisher, 2014. ISBN 978-88-95315-30-0.

GENGNAGEL, Christoph, et al. (eds.). Computational design modelling proceedings of the Design Modelling Symposium Berlin 2011. Berlin: Springer, 2011. ISBN 978-364-2234-354.

LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3540-2.

FRANCE, Anna Kaziunas. Make: 3D printing. Sebastopol, CA: Maker Media, 2013. ISBN 978-14-7182-938.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 15-925-3345-0.

MORRIS, Richard. The fundamentals of product design. Lausanne: AVA, c2009. ISBN 978-2-9403-3-17-8.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tématem diplomové práce je design skenovacího elektronového mikroskopu s fokusovaným iontovým svazkem. Práce se zabývá řešením designu krytů mikroskopu a přilehlého pracoviště operátora pro společnost Tescan Orsay Holding a.s.. Design je řešen jako první návrh směřující k budoucímu inovování designu celé produktové řady.

KLÍČOVÁ SLOVA

skenovací elektronový mikroskop, SEM, fokusovaný iontový svazek, FIB, mikroskopie, průmyslový design

ABSTRACT

The theme of this diploma thesis is the design of a scanning electron microscope with a focused ion beam. Specifically, the thesis is focused on the design of the microscope covers and the adjacent workplace of the operator for Tescan Orsay Holding a.s.. Design is solved as the first proposal aimed at future innovation of the design of the entire product line.

KEYWORDS

scanning electron microscope, SEM, focus ion beam, FIB, microscopy, industrial design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVAJDOVÁ, A. Design elektronového mikroskopu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 85 s.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma elektronového mikroskopu vypracovala samostatně a veškeré použité zdroje jsou řádně uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

v Brně dne

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Davidovi Škaroupkovi, Ph.D. za inspirativní podněty, trpělivost a přínosné konzultace a svým rodičům za všestrannou pomoc při studiu.

Dále bych ráda poděkovala konstruktérům a odborníkům ze společnosti Tescan Orsay Holding a.s. za poskytnutí konzultací, užitečných informací a cenných odborných rad k této práci.

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	7
PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI	9
PODĚKOVÁNÍ	11
OBSAH	12
1 ÚVOD	15
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	16
2.1 Historický přehled	16
2.1.1 Počátky mikroskopie	16
2.1.2 Vynález elektronové mikroskopie	16
2.1.3 Elektronová mikroskopie v Československu	16
2.1.4 Současnost	17
2.2 Designérská analýza	18
2.2.1 Tescan	18
2.2.2 Carl-Zeiss	19
2.2.3 FEI (Thermo Fisher Scientific)	21
2.2.4 Hitachi	22
2.2.5 Zhodnocení designu stávajících přístrojů	22
2.3 Technická analýza	23
2.3.1 Transmisní elektronová mikroskopie	25
2.3.2 Skenovací elektronová mikroskopie s FIB	26
3 ANALÝZA PROBLÉMŮ A CÍLE PRÁCE	30
4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU	31
4.1 Metody řešení návrhu	31
4.2 Varianta 1	33
4.3 Varianta 2	34
4.4 Varianta 3	35
4.5 Zhodnocení variant	36
5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ	37
5.1 Kryt pro elektronový tubus	38
5.2 Přední maska komory	39
5.3 Externí zakladač	40
5.4 Stůl a skříň	40
6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ	42
6.1 Technologické vybavení přístroje	42
6.2 Požadavky na provoz	45
6.3 Krytování mikroskopu	46
6.3.1 Nosná konstrukce krytu SEM tubusu	46
6.3.2 Kryt SEM tubusu	47
6.3.3 Kryt komory	48
6.3.4 Kryt externího zakladače (Load Lock)	49
6.3.5 Kryt skříňe pod mikroskopem	50
6.4 Konstrukce pracovního stolu	50
6.5 Rozměry přístroje	53

6.6	Ergonomické řešení	54
6.6.1	Ergonomie pracovního stolu operátora	54
6.6.2	Zorné podmínky	55
6.6.3	Pracovní poloha	56
6.6.4	Ergonomie mikroskopu	57
6.6.5	Rozebírání krytu SEM tubusu	58
7	BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ	59
7.1	Barevné řešení	59
7.1.1	Barevné řešení krytu mikroskopu	59
7.1.2	Barevné řešení stolu a skříně pod mikroskopem	59
7.1.3	Praktické vlastnosti barevného řešení	62
7.2	Grafické řešení	63
7.2.1	Logotyp řady	63
7.2.2	Kompozice grafického řešení	64
8	DISKUZE	66
8.1	Estetická hodnota návrhu	66
8.2	Psychologické aspekty návrhu	66
8.3	Sociální funkce návrhu	66
8.4	Ekonomické aspekty	67
8.5	Marketingová studie	67
8.5.1	Analýza tržních příležitostí	67
8.5.2	Podnikatelská strategie	68
8.5.3	Marketingová strategie	68
8.6	Ekologické aspekty	69
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM PŘÍLOH	79

1 ÚVOD

Elektronová mikroskopie je jednou z nejčastěji používaných technik zkoumání hmoty, je využívána napříč výzkumným a výrobním odvětvím. Rozsáhlé uplatnění má například v materiálových vědách, při zkoumání struktury chemického složení a vad materiálů či nanomateriálů. (3) Díky fokusovanému iontovému svazku je tyto materiály možno opracovávat v řádech nanometrů. Mezi další důležitá odvětví patří lékařství, chemický průmysl nebo také kriminalistika.

V současné době patří Česká Republika ve výrobě a vývoji elektronových mikroskopů mezi světovou špičku. V tomto odvětví je Brno považováno dokonce za hlavní město světa. (7) V moravské metropoli se vyrábí nejlepší elektronové mikroskopy na světě. Ročně se jich exportuje více než 700, průměrná cena za jediný výrobek je 20 milionů korun. (3)

Ve své diplomové práci se věnuji návrhu designu skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) s fokusovaným iontovým svazkem (FIB). Tento projekt byl zadán společností Tescan Orsay Holding a.s. jako veřejná soutěž. Součástí návrhu je jak samotné opláštění mikroskopu, tak i stůl pro uživatele mikroskopu s rozmístěním náležitých ovládacích prvků.

V rámci diplomového projektu se věnuji rešeršním studiím vztahujících se k elektronové mikroskopii, které napomohou k rozklíčování stávajících nedostatků a lepšímu pochopení problematiky. Rešeršní studie obsahují historický přehled, přehled současného stavu poznání, kritické zhodnocení rešerší a z toho vycházející cíle. Na rešerše navazuje konkrétní způsob řešení problematiky.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Historický přehled

2.1.1 Počátky mikroskopie

Za historicky první mikroskop vděčíme nizozemskému přírodovědci Antonu van Leeuwenhoekovi. Leeuwenhoek vypracoval nové metody broušení a leštění drobných čoček o velkém zakřivení, které jako jediné v té době dávaly zvětšení až do 270 průměrů. To jej vedlo ke zkonstruování mikroskopů a k biologickým objevům, jimiž se proslavil. Byl první, kdo spatřil a popsal bakterii, kvasinku, hemživý život v kapce vody a cirkulaci krvinek v kapilárách. Tyto objevy jej pasují na zakladatele mikrobiologie. (2)

Jako první zahájila výrobu mikroskopů firma Carl-Zeiss v roce 1847. V lékařském světě použil mikroskop např. Francouz Luis Pasteur při objevu kvasinek nebo Robert Koch při objevu bacilů tuberkulózy a cholery. Během 19. století prožívá mikroskopie dramatický vývoj. Zasadili se o to především Carl Zeiss, který se věnoval výrobě mikroskopů, Ernst Abbe, jehož jméno je spojováno s teoretickou studií optických principů a Otto Schott, který vedl výzkum optického skla.

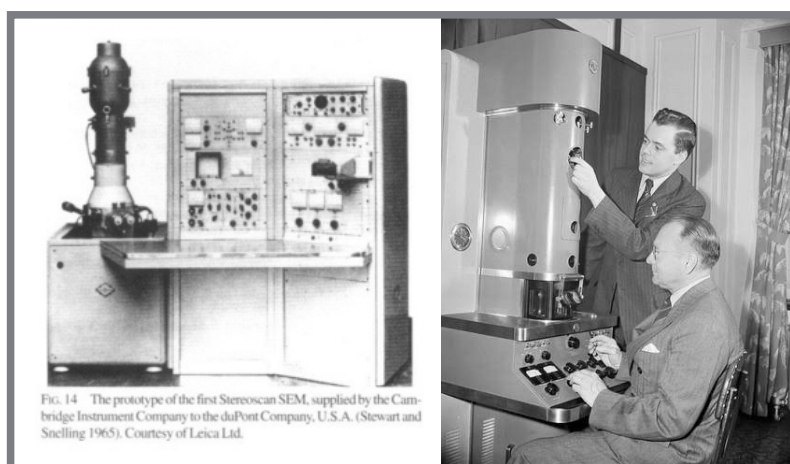
Optický mikroskop dosáhl ve 30. letech 20. století ve vývoji své teoretické hranice. Světelný mikroskop, i s dokonalým mikroskopem a dokonalým osvětlením, nelze použít k rozlišení předmětů, jež jsou menší než polovina vlnové délky světla. Bílé světlo má průměrnou vlnovou délku 0,55 mikrometrů. Jakékoliv dvě čáry, které jsou od sebe vzdáleny méně než 0,257 mikronů, se budou jevit jako jediná čára, a jakýkoliv předmět o průměru menším než 0,275 mikronů bude neviditelný, nebo bude přinejlepším vypadat jako skvrna. (1)

2.1.2 Vynález elektronové mikroskopie

Aby mohli vědci pozorovat drobné částice pod mikroskopem, musejí světlo shromáždit dohromady a použít odlišný druh „osvětlení“ o kratší vlnové délce. To vedlo k myšlence zkonstruovat mikroskop na jiném principu - elektronový mikroskop. Místo světelného paprsku využívá tento typ mikroskopu princip toku rychlých elektronů a skleněná čočka je nahrazena čočkou magnetickou. První mikroskop na tomto principu byl vyvinut v Německu v roce 1931 a zasloužili se o to především Max Knoll a Ernst Ruska. Jednalo se **prozařovací elektronový mikroskop** (TEM – Transmission Electron Microscope), kde elektronové paprsky procházely zkoumaným předmětem a vytvořily stínový obraz. Druhý typ elektronového mikroskopu, **skenovací** (SEM – Scanning Electron Microscope), byl vynalezen v roce 1942. (4)

2.1.3 Elektronová mikroskopie v Československu

První komerčně dostupný československý elektronový mikroskop byl navržen inženýry A. Delongem, V. Drahošem a L. Zobačem roku 1951. (5) Tento vývoj probíhal pod záštitou brněnské Tesly. Optická soustava mikroskopu byla v základu tvořena elektronovou tryskou, kondenzorem, objektivem a projekтивem. Urychlovací napětí bylo 50 kV a rozlišovací schopnost až 2 nm. Tyto mikroskopy byly prodávány pod typovým označením Tesla BS241. Zvětšení skenovacího mikroskopu je 30 000 násobné a v kombinaci s mikroskopem optickým až 100 000 násobné. (1)(12)(11)



Obr.2-1 (Vlevo) První skenovací mikroskop (34), (Vpravo) Prozařovací elektronový mikroskop (TEM), 1931, (33)



Obr.2-2 TESLA BS241 (1951) (2)

2.1.4 Současnost

2.1.4

Po rozpadu Tesly roku 1991 byla jejími bývalými zaměstnanci vytvořena malá firma Tescan. Zde nejprve mikroskopy pouze opravovali a vyráběli příslušenství ke starším typům mikroskopů. Posléze v druhé polovině devadesátých let začali přístroje sami vyrábět a vyvíjet. Roku 2001 získala společnost Ocenění inženýrské akademie ČR za mimořádné technické dílo. V současnosti patří Tescan mezi pětici nejvýznamnějších světových výrobců elektronových mikroskopů. (21)

Od poloviny 20.století prodělal elektronový mikroskop řadu změn, avšak princip na kterém přístroj pracuje zůstal stejný. Mění se zejména jeho parametry a to díky rychlému technologickému rozvoji počítačů. Podařilo se podstatným způsobem zvýšit rozlišení a optický kontrast přístrojů. Dnes může celá mikroskopická sestava oproti původním přístrojům zabírat i polovinu laboratoře. Dnešní mikroskopy jsou tvořeny vysoce sofistikovanými moderními technologiemi a špičkovým softwarem, tyto jsou blíže popsány v technické analýze.

2.2 Designérská analýza

Designérské řešení je v případě elektronových mikroskopů stále spíše okrajovou záležitostí. Stěžejní úlohu hraje spíše technologické vybavení přístroje, avšak potřeba konkurenceschopnosti firem s sebou přináší větší důraz na odlišení vizuální identity jednotlivých značek a individuální styl výrobků. V designérské analýze se zaměřuji na popis produktů nejdůležitějších současných producentů elektronových mikroskopů.

2.2.1 Tescan

V současném portfoliu firmy se nachází 7 typů elektronových mikroskopů. Jsou to modely MAIA, VEGA a MIRA čistě jako skenovací mikroskopy a dále potom modely XEIA, GAIA, FERA a LYRA, které jsou navíc doplněny iontovým tubusem. Design krytů těchto mikroskopů pochází z roku 2008. (8)

Tvarové a kompoziční řešení

Design současných mikroskopů byl navržen brněnským studiem Faktum design. Jednotlivé mikroskopy jsou oplášťeny třemi druhy krytování. Podle návrhářů se plášť mikroskopů snaží krytovat tělo mikroskopu tak, aby byly zakryty konstrukční části a tím došlo k optickému sjednocení přístroje. Chtěli navrhnout takový kryt, aby předešli složitým a neekonomickým povrchovým úpravám jednotlivých součástí. Kromě barevnosti je hlavním pojícím vizuálním prvkem mezi jednotlivými produkty užití stejných vzorů na perforovaném plechu. Zaoblené tvarování přední části dvířek komory je v kontrastu s lomenými plochami plechového krytu. (10)



Obr.2-3 Model LYRA, Tescan (8)

Design produktů navržených studiem Faktum design pochází postupně z let 2009 (MAIA a MIRA), 2010 (VEGA a FERA) a 2012 (XEIA, GAIA a LYRA). (10) Celkově působí design těchto přístrojů v současné době již poněkud zastarale, také proto společnost v tomto roce vypsalala tendr na nový design produktů.

Barevné a grafické řešení

V současné době používá společnost Tescan na SEM/FIB mikroskopy dvoubarevné plechové krytování. Podle návrhářů patří mezi hlavními výrazové prvky tohoto produktu kontrastní barevnost, která koresponduje s oblastí, v níž je přístroj využíván. (10) Zvolená červená barva se však neshoduje s vizuálním stylem značky.



Obr.2-4 Model MIRA, Tescan (8), Model VEGA, Tescan (8)

Ergonomické řešení

Stůl operátora je z technologických důvodů oddělen od skříně mikroskopu a nabízí dostatečný prostor pro dvě počítačové sestavy a ovládací prvky. Stůl je asymetrický, což může přinášet obtíže, pokud dispozice dané laboratoře nedovoluje výchozí rozmístění soustavy. Navíc při připojení externího zakladače (load lock) dochází k zasahování tohoto přístroje do pracovní plochy operátora. Velikost desky operátorského stolu je ergonomicky vyhovující. Při servisování musí technik celý kryt z mikroskopu sundat u modelů XEIA, GAIA a LYRA je toto řešeno odklopením vrchní části krytu. Avšak při konzultaci se zástupci Tescanu bylo zjištěno, že díky použitému materiálu má celý kryt vysokou hmotnost a k odstojení přístroje je potřeba dvou lidí.

2.2.2 Carl-Zeiss

Z bohatého portfolia Carl-Zeiss jsem vybrala dva designové přístupy skenovací elektronový mikroskop Sigma a vícesvazkový mikroskop ORION Nano Fab.

2.2.2

Tvarové a kompoziční řešení

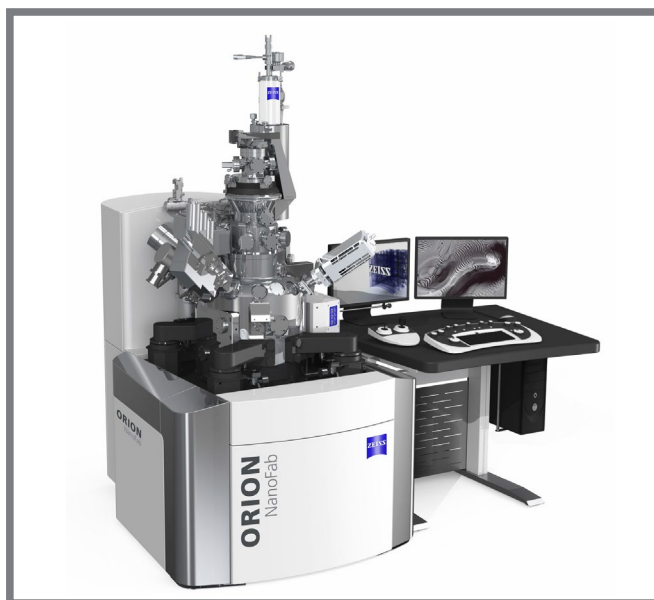
Tvarování skenovacího mikroskopu SIGMA je navrženo především s ohledem na funkci. Většina technických prvků je ukryta uvnitř geometricky tvarovaného plechového krytu přístroje. Oproti tomu model ORION nabízí zcela odkrytovanou variantu a designérské řešení se soustředí hlavně na skříň pod mikroskopem.



Obr.2-5 Model SIGMA, Carl ZEISS (35)

Barevné a grafické řešení

V barevné kompozici převažuje bílá, která zároveň koresponduje s vizuální identitou značky Carl-ZEISS. U modelu ORION je skříň mikroskopu doplněna o stříbrné postranice, které doplňují stejnou barevnost tubusů a detektorů.



Obr.2-6 Model ORION Nano Fab, Carl-ZEISS (36)

Ergonomické řešení

Tmavá barva desky stolu může přispívat ke snížení únavy očí. Povedeně jsou navrženy ovládací panely mikroskopu, jež jsou částečně integrovány do klávesnice počítače,

toto řešení s sebou může přinášet přehlednější a pohodlnější ovládání celého přístroje. Pracovní plocha stolu je však značně stísněná, není zde prostor například pro odkládání vzorků.

2.2.3

2.2.3 FEI (Thermo Fisher Scientific)

Model Verios je druhá generace skenovacích elektronových mikroskopů od společnosti FEI. Poskytuje sub-nanometrové rozlišení a zvýšený kontrast potřebný pro podrobné analýzy. Dále zde přidávám také řešení transmisního elektronového mikroskopu Titan. (27)

Tvarové a kompoziční řešení

Co se designu týče má společnost FEI před konkurencí značný náskok. Nadčasová barevnost přístroje, ale také poměrně kompaktní a jednoduché řešení komplikovaného přístroje Verios působí příjemným dojmem. Spojujícím motivem mikroskopů FEI je černá centrální část s logem obalující elektronový tubus. Jednotlivé části vytváří jednoduše tvarované geometrické objemy v příjemně řešených proporcích. Kryt je vyroben z odolného plastu a ohýbaného plechu.

Barevné a grafické řešení

FEI používá ve své vizuální řeči černou s odstíny šedé. Na těchto barvách dobře vystupuje logo firmy v odstínech červené.

Ergonomické řešení

Z ergonomického hlediska je velice dobře řešen TEM Titan. Veškeré ovládací prvky jsou soustředěny kolem optické komory v dosahové vzdálenosti operátora. Stůl by však bylo vhodné doplnit o prostor pro odkládání vzorků a dalších nástrojů.



Obr.2-7 Verios, FEI (27), Titan, FEI (27)

2.2.4 Hitachi

Portfolio značky Hitachi představuje modely specificky zaměřené na japonský trh.

Tvarové a kompoziční řešení

Skenovací mikroskop s iontovým tubusem HITACHI NB5000 představuje celkově zakrytovanou variantu. Celokrytová varianta potlačuje technický ráz přístroje. Základním materiálem tohoto krytu je lakovaný ohýbaný plech. Kompozičně působí celá soustava (mikroskop se stolem operátora) nejharmoničtěji z analyzovaných produktů.

Barevné a grafické řešení

Modrý vertikální pruh vizuálně propojuje spodní a vrchní část mikroskopu. Barevné řešení mikroskopické soustavy koresponduje s klasickou barevností laboratorního prostředí.

Ergonomické řešení

Ergonomie této soustavy je srovnatelná s průměrem. Pracovní plocha nabízí větší prostor než řešení od FEI a Carl-Zeiss. Pod stolem operátora je umístěno nouzové vypínání přístroje. Před komorou mikroskopu se nachází odkládací plocha, ta může být přínosná při zakládání vzorků do přístroje.



Obr.2-8 Hitachi NB5000 (21)

2.2.5 Zhodnocení designu stávajících přístrojů

Na základě analýzy současné produkce elektronových mikroskopů byly zjištěny následující designérské charakteristiky.

Soustava mikroskopu je hmotově rozdělena na tři části - mikroskop, technickou skříň pod mikroskopem a pracovní stůl operátora. U všech přístrojů převažuje geometrické tvarování. Podobný je také přístup k řešení barevnosti. Jsou voleny kombinace odstínů šedé, bílé a černé barvy. Příslušnost k dané značce je řešena umístěním loga společnosti, nejčastěji na hmotu krytu mikroskopu. Kromě společnosti Hitachi umísťují všichni ostatní výrobci na produkt také označení řady mikroskopu.

Celkové řešení designu ve všech případech následuje funkční potřeby přístroje. Je patrná snaha dosáhnout kompaktnějších tvarů. Kvůli různorodým požadavkům na konfiguraci přístroje lze rozlišit 3 hlavní přístupy k řešení koncepce krytu mikroskopu.

- **mikroskop zcela bez krytu** - model ORION od Carl-Zeiss
- **mikroskop částečně krytován** - mikroskopy společností Tescan, FEI
- **mikroskop zcela zakrytován** - model NB 5000 od Hitachi

Jak již bylo zmíněno, soustava je rozdělena do jednotlivých sekcí. Většinou chybí tvarové navázání jednotlivých částí. Soustava je jako celek řešena zejména pomocí barevnosti kompozice. Nejlépe je z tohoto hlediska řešen mikroskop Titan od společnosti FEI, jedná se však o jiný typ mikroskopu než zbytek popisované produkce.

Nejčastěji používaným materiálem pro kryt mikroskopu jsou lakované ocelové plechy tvarované ohýbáním a centrální vizuální prvky z výlisků průhledných plastových hmot. U jednotlivých výrobců se znatelně liší velikost stolů i řešení ovládacích panelů.

2.3

2.3 Technická analýza

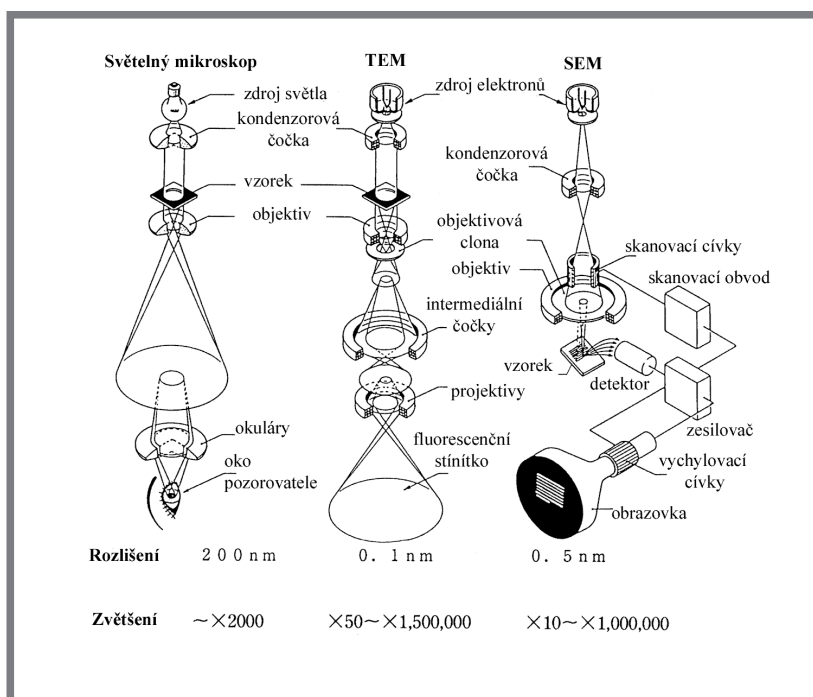
V technické analýze se zabývám popisem základních zákonitostí elektronové mikroskopie a blíže potom skenovací elektronovou mikroskopií s fokusovaným iontovým svazkem.

Ačkoli je tato práce zaměřena výhradně na elektronovou mikroskopii je důležité uvést srovnání mezi klasickými optickými a elektronovými mikroskopy. V průběhu 20. století vyžadoval rozvoj výzkumu materiálů vyšší rozlišovací schopnosti mikroskopů. Elektronová mikroskopie tedy na světelnou logicky navázala. Přímé pozorování vzorků je u optických mikroskopů zprostředkováno elektromagnetickým zářením o vlnové délce 0,35 až 0,75 μm , tedy svazkem viditelného světla. U elektronových mikroskopů je světelný svazek nahrazen svazkem elektronů. Podle typu použitého záření dělíme mikroskopy na **světelné** a **elektronové**. (16)

Elektronové mikroskopy se dále dělí na:

- Transmisní (prozařovací) elektronový mikroskop **TEM**
- Skenovací (rastrovací, řádkovací) elektronový mikroskop **SEM**

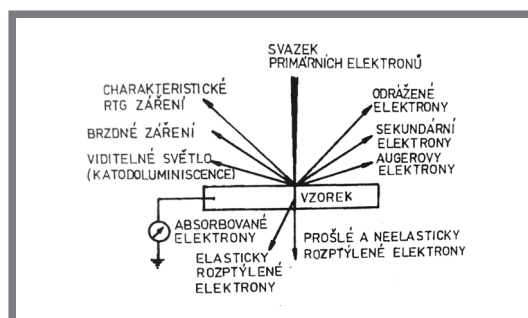
Při průchodu elektronového svazku elektrostatickým nebo magnetickým polem dochází ke změně směru a rychlosti proudu elektronů. Pomocí soustavy **cívek** vytvářejících elektromagnetické pole nebo **válců** vytvářejících elektrostatické pole lze vhodně usměrňovat jejich dráhu, podobně jako je tomu u čoček ve světelné optice. Zdrojem těchto elektronů jsou **elektronová děla**. (16)



Obr.2-9 Srovnání užitých vlastností jednotlivých typů mikroskopů (17)

Princip elektronového mikroskopu

U transmisního i skenovacího mikroskopu dochází při tvorbě obrazu k interakci **svazku primárních elektronů** s pozorovaným vzorkem. U TEM dopadající elektrony preparátem procházejí zatímco u SEM se tyto elektrony od preparátu odraží. V obou případech dochází k **pružnému a nepružnému rozptylu**. Při pružném rozptylu primární elektrony vzorkem buď proletí, nebo dochází k jejich odražení. Tyto elektrony se podílejí na vzniku kontrastu obrazu. Při nepružném rozptylu se sráží primární elektrony s elektrony ve slupkách atomů vzorku. Tento vliv je nepříznivý a podílí se na zhoršení kvality zobrazení vzorku. (16)(19)

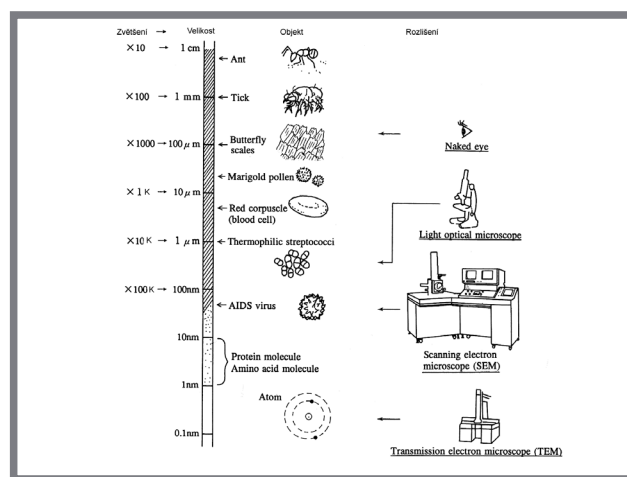


Obr.2-10 Interakce elektronů s preparátem 16

Rozlišovací schopnost a zvětšení

Rozlišovací schopnost udává **užitečné zvětšení** mikroskopu. Tato schopnost je dána minimální vzdáleností dvou zřetelně rozlišitelných bodů na pozorovaném objektu. (16) Lidským okem nejsme schopni pozorovat předmět, pokud je zorný úhel menší než $1'$. Mikroskop umožňuje zorný úhel opticky zvětšit a tak pozorovat předměty až na úrovni setin nanometrů. (17)

U běžných světelných mikroskopů je dosažitelná rozlišovací schopnost limitována použitelnou vlnovou délkou viditelného světla. Účelem optické mikroskopie je poskytovat informace o strukturálních detailech na úrovni krystalického zrna. Použití elektronového mikroskopu umožňuje zobrazování objektů na úrovni krystalických mřížek kovů a keramiky, to znamená na úrovni nanometrů. (16)

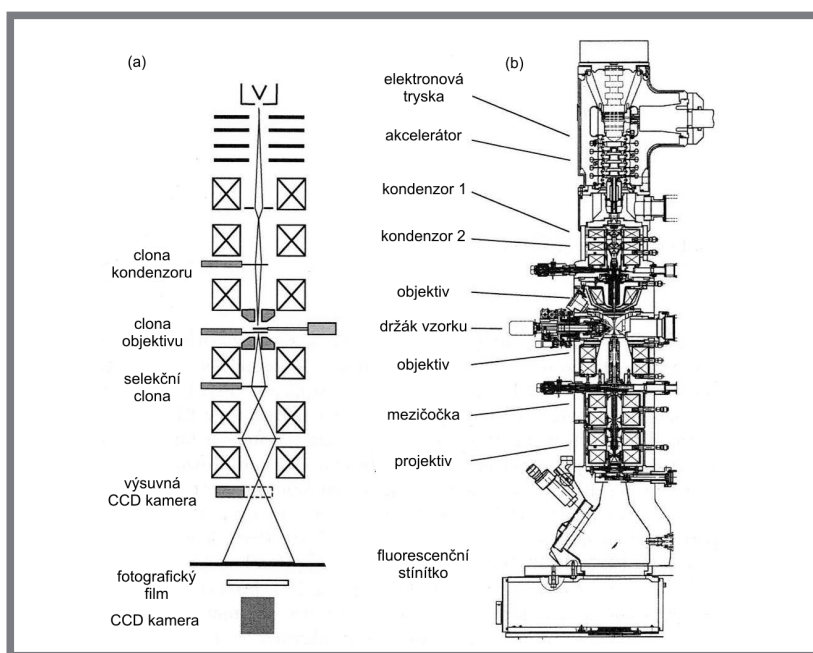


Obr.2-11 Rozlišovací schopnost a zvětšení u jednotlivých typů mikroskopů (17)

2.3.1 Transmisní elektronová mikroskopie

2.3.1

Transmisní elektronový mikroskop je v podstatě obdobou optického mikroskopu. TEM využívá záření s výrazně kratšími vlnovými délkami, tím je dosaženo vysoké rozlišovací schopnosti. Původně byl zkonstruován ke zkoumání virů. Místo světelného zdroje se zde nachází **elektronové dělo**, to je složeno ze žhaveného wolframového vlákna tzv. **Wehneltova válce** - katody a anody. Skleněné čočky nahrazují **elektromagnetické čočky** a okulár je nahrazen **fluorescenčním stínítkem**. TEM dokáže zobrazit mikrostrukturu materiálu od několika mikrometrů až po atomové rozlišení. Celá elektronová soustava se musí nacházet ve vakuu. (16)(18)



Obr.2-12 Schéma TEM mikroskopu (17)

2.3.2 Skenovací elektronová mikroskopie s fokusovaným iontovým svazkem

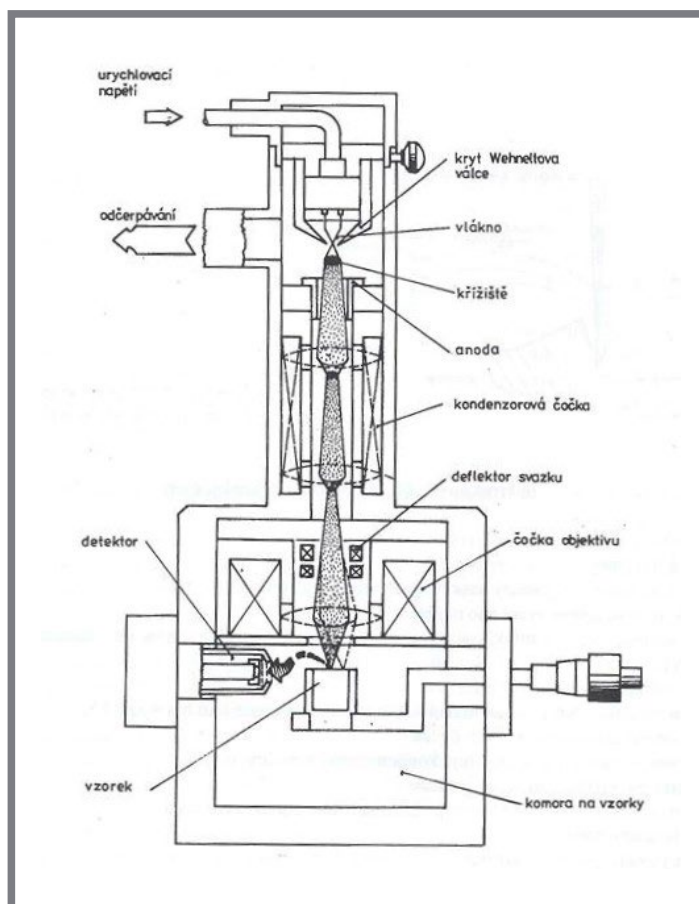
Základem popisovaného přístroje je kombinace skenovacího elektronového mikroskopu a tubusu s fokusovaným iontovým svazkem. Tato sestava je též nazývána **dvousvazkový mikroskop**.

Původně byl skenovací mikroskop vyvinut jako doplněk optické mikroskopie pro pozorování neprozařitelných vzorků. Svazky nabitých částic (elektronů nebo iontů) jsou zaměřovány pomocí systémů elektrostatických a elektromagnetických čoček, tak aby bylo dosaženo co nejmenšího průřezu svazku na vzorku. Na pozorovaný preparát dopadá tenký svazek těchto částic, které interagují s povrchovými částicemi vzorku. Tímto svazkem je pomocí elektrostatických a elektromagnetických deflektorů prováděno rastrování po povrchu vzorku. Povrchové interakce jsou pomocí detektorů zachyceny a tento výstupní signál z detektorů je pak interpretován v obraz. Výsledný obraz je tvořen nepřímo sekundárním signálem. Výsledný obraz na zobrazovacím zařízení se pak skládá z interpretace signálů z jednotlivých bodů. (20)

Tato metoda poskytuje vysoké rozlišovací schopnosti, velké zvětšení a velkou hloubku ostrosti. Preparát může mít relativně velké rozměry a pokud je materiál vodivý není třeba jej zvláštními technikami upravovat. U nevodivých preparátů je nutno materiál zvodivět například napařením kovu nebo uhlíku. (20)

Tubus s fokusovaným iontovým svazkem (FIB) je zařízení, které vytváří usměrněný tok ionizovaných atomů a zaostřuje jej na vzorek. Iontový svazek je nejčastěji usměrňován pomocí dvou elektrostatických čoček. Jako zdroj iontů se využívají kovy s nízkým bodem tání, tedy tekuté kovy jako galium tzv. LIMS (Liquid metal

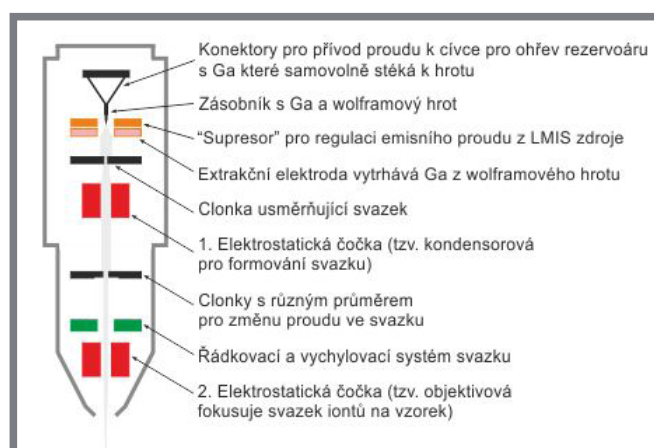
ion source). Alternativou k LIMS jsou plazmové zdroje, kdy se ionty vytváří pomocí výboje plynu. (20)



Obr.2-13 Schéma SEM tubusu s komorou (16)

Mikroskop s FIB se používá především k lokalizovanému vyrážení atomů ze vzorku. Preparát je tedy možno mikro- nebo nano-obrábět, odprašovat nebo opravovat pomocí přidávání materiálu.

Iontový a elektronový svazek jsou vůči sobě skloněny přibližně o 50° . Na rozdíl od samostatných FIB systémů, kde je iontový tubus umístěn vertikálně, je ve dvousvazkových mikroskopech ve většině případů vertikální SEM tubus a iontový tubus je skloněn. Celé zařízení je zpravidla ovládáno několika počítači, každý pro danou část mikroskopu. (20)

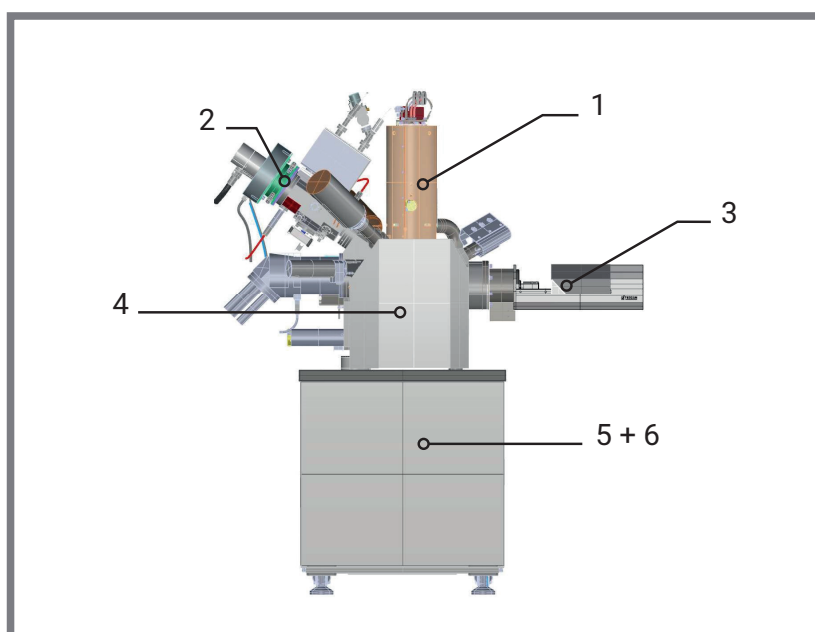


Obr.2-14 Schéma FIB tubusu (20)

Součásti dvousvazkového mikroskopu

Aby mohl dvousvazkový mikroskop fungovat jako celek, musí obsahovat několik důležitých součástí. Mezi ně patří:

1. SEM tubus
2. FIB tubus (zásobník Ga, wolframová jehla a extrakční elektroda),
3. externí zakladač (load-lock)
4. vakuová komora se stolem pro umístění a polohování vzorku a přístroji pro materiálovou analýzu
5. vakuový systém,
6. řídicí elektronika (AD/DA převodníky, PC, ovládací hardware a software včetně uživatelského rozhraní).



Obr.2-15 Schéma dvousvazkového mikroskopu

Poznatky z konzultací

Při konzultaci s odborníky v Tescanu byly zjištěny následující požadavky na přístroj:

- na přístroj se instaluje množství různých detektorů, které se v průběhu kontinuálního vývoje přístroje mohou tvarově lišit
- každá konfigurace mikroskopu odpovídá speciálním požadavkům zákazníka
- při provozu mikroskopu dochází k zahřívání tubusu, je tedy nutné myslet na pasivní chlazení tubusů, buď zvolením vhodných materiálů či zakomponováním průduchů.

3 ANALÝZA PROBLÉMŮ A CÍLE PRÁCE

Z analýz vyplývá, že doposud hrál design elektronových mikroskopů, kvůli funkčním požadavkům na přístroj, spíše vedlejší úlohu. Díky vyrovnávání hladiny technologického know-how se tento trend však v současnosti mění a pozornost se stále více ubírá směrem k designu. Pro udržení konkurenceschopnosti je moderní design dnes již nezbytnou součástí každého hi-tech produktu.

Ke komoře mikroskopu je **nutno připojovat řadu dalších zařízení**, které komplikují jednotný styl krytování. Tím je oslabena identifikace zařízení se značkou, marketingová komunikace a v některých případech i ergonomie celého pracoviště. Řešeným problémem je navrhnout takový **design, který bude co možná nejvíce kompaktní a zároveň nebude omezující, co se týče zařízení připojených na komoru.**

Zadání ze strany společnosti Tescan se shoduje s cílem práce, jímž je vytvořit neotřelý design prémiové řady skenovacích elektronových mikroskopů kombinovaných s fokusovaným iontovým svazkem. Návrh má zlepšit estetické a ergonomické funkce přístroje a mikroskopického pracoviště při respektování konstrukčních a technologických požadavků. Dalším nárokem byla také vizuální přitažlivost designu, tak aby přístroj za vysokou pořizovací cenu působil odpovídajícím exkluzivním dojmem.

Hlavním cílem práce je zachovat vizuální identitu a konzistenci návrhu i po připojení uživatelských zařízení, kamer, detektorů a dalších součástí.

Dílčí cíle diplomové práce:

- na stávajícím elektronovém mikroskopu identifikovat klíčové body řešení,
- definovat možné koncepční varianty pro splnění hlavního cíle,
- navrhnout ergonomii pracoviště s elektronovým mikroskopem,
- explicitně popsat, kde v návrhu došlo ke zlepšení oproti výchozímu stavu.

4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

4

Elektronový mikroskop nespadá do kategorie výrobků běžné denní potřeby, to znamená, že u tohoto přístroje není zažitý žádný tvarový stereotyp. Není tedy jasně vymezeno, jakým způsobem by měl elektronový mikroskop vypadat. K tvarování je díky tomu možno přistupovat různými způsoby.

Tvůrčímu řešení předcházela rešeršní studie podobných výrobků a současných trendů v oblasti elektronové mikroskopie. Proces navrhování byl dále ovlivňován také požadavky ze strany zadavatele.

Navrhování samotného tvaru je do velké míry dáno vnitřním uspořádáním přístroje. Do tvaru nebo uspořádání vnitřních komponent nebylo možno nijak zasahovat, proto byla pozornost zaměřena především na tvarové řešení krytu mikroskopu a jeho vizuálním propojení se skříní pod mikroskopickou soustavou.

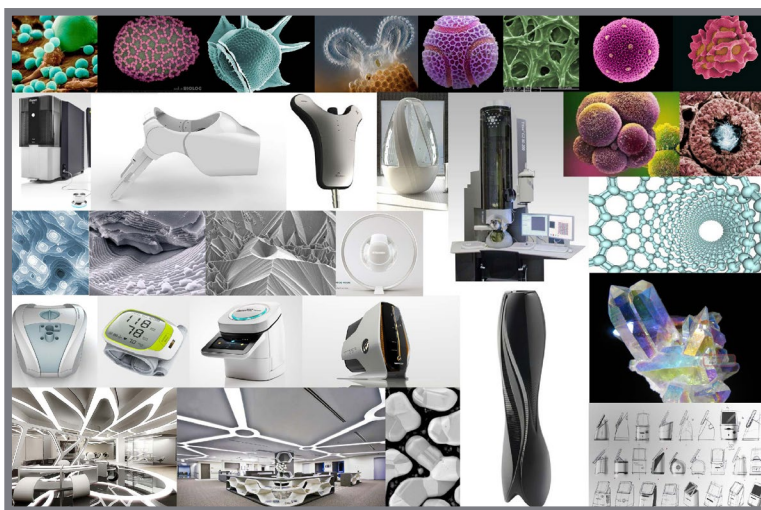
4.1 Metody řešení návrhu

4.1

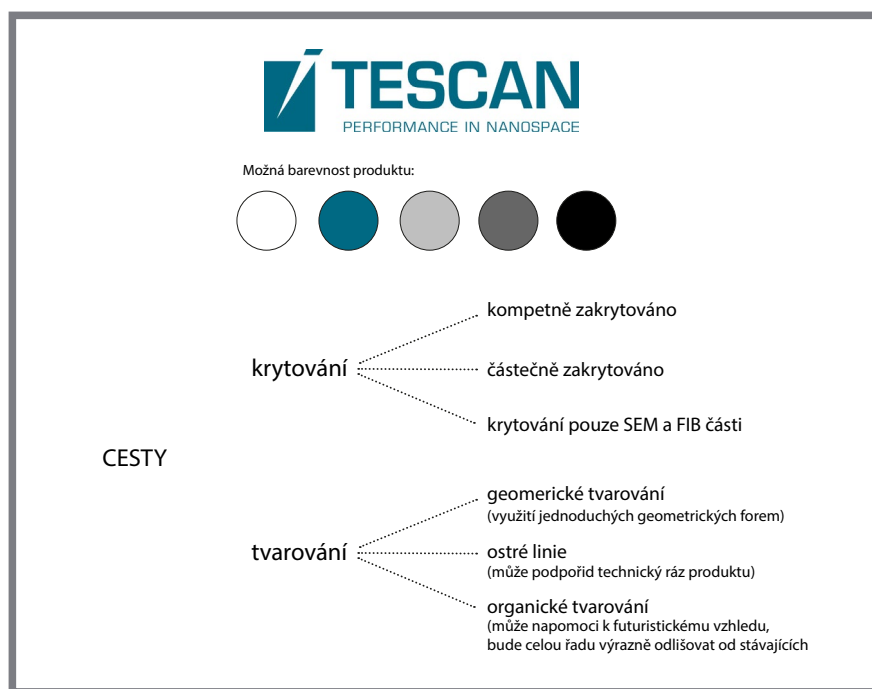
Samotnému navrhování předcházela rešeršní studie problematiky skenovacích elektronových mikroskopů, návštěva vývojového centra společnosti Tescan a konzultace s odborníky tohoto oboru.

Při řešení návrhu bylo využito metody prototypování, což je použití zjednodušených a neúplných modelů za účelem ověření nápadů, stanovení požadavků a upřesnění specifikací. Konkrétně jsem využila metodu konceptuálního prototypování, které je vhodné pro rychlé a levné zkoumání předběžných nápadů. (26)

První fází navrhování bylo vytvoření **nástěnky s myšlenkovou mapou a moodboardu**. Tato fáze byla důležitá pro nalezení inspirace a vymezení možných řešení. Myšlenková mapa pomohla vymezit hlavní cesty, které bylo možno následovat a také zásadní nápady, které byly využity ve finálním návrhu.



Obr.4-1 Moodboard



Obr.4-2 Cesty možných přístupů - myšlenková mapa

Z množství inspiračních zdrojů byla nakonec hlavní inspirací pro tvar navrhovaného elektronového mikroskopu krystalická struktura, kterou sestava tubusů a detektorů vizuálně připomíná. Rastrovací elektronová mikroskopie se hojně využívá v materiálových vědách, kde právě krystaly mají svou symboliku. U navrhovaných řešení proto používám lomené plochy a geometrické tvary.

Druhá fáze byla věnována skicování v 2D. Při skicování byla vytvořena základní hmotová koncepce produktu pro distribuci jednotlivých objemů.

Kvůli složitosti produktu však bylo výhodnější modelování v 3D modeláři na realistický model mikroskopu. Zde bylo možno v reálném čase ověřovat případné kolize jednotlivých ploch krytu se součástmi přístroje. K navrhování bylo využito programu Rhinoceros 3D. Díky tomuto postupu šlo také zhodnotit, jak proporce krytu ladí s hmotami mikroskopu.

Po výběru finálních variant byly vytvořeny dvě hmotové studie, kde se ukázaly případné nedostatky navrhovaného designu.

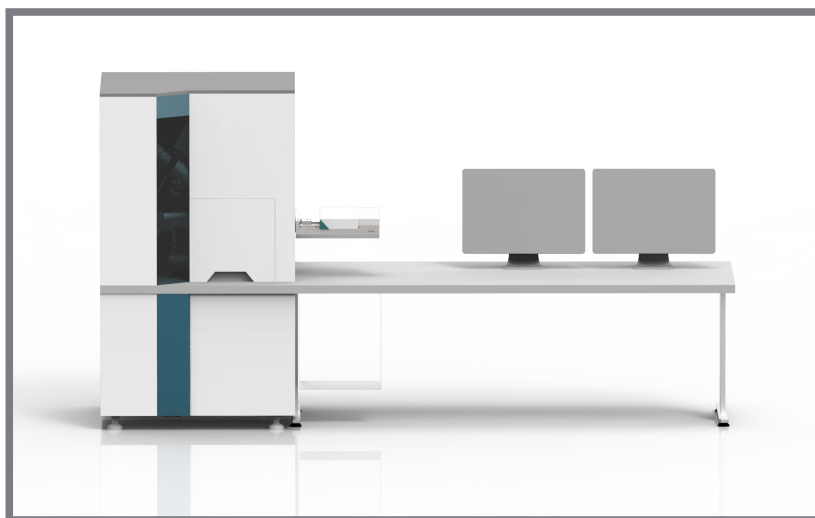
4.2 Varianta 1

První varianta celkově zakrývá všechny komponenty mikroskopu. Na zalomené straně vedle dvířek komory je vytvořen průhled z plexiskla do útrob sestavy. Tento průhled umožňuje vyzdvihnout technologickou složitost přístroje, i když je zahalen do krytu. Průhled by byl vytvořen z barveného plexiskla. Skříň pod mikroskopem vizuálně navazuje na horní část krytu svislým modrým pruhem. Tyto pruhy tvoří hlavní vizuální prvek přístroje.



Obr.4-3 Varianta 1 - perspektivní pohled

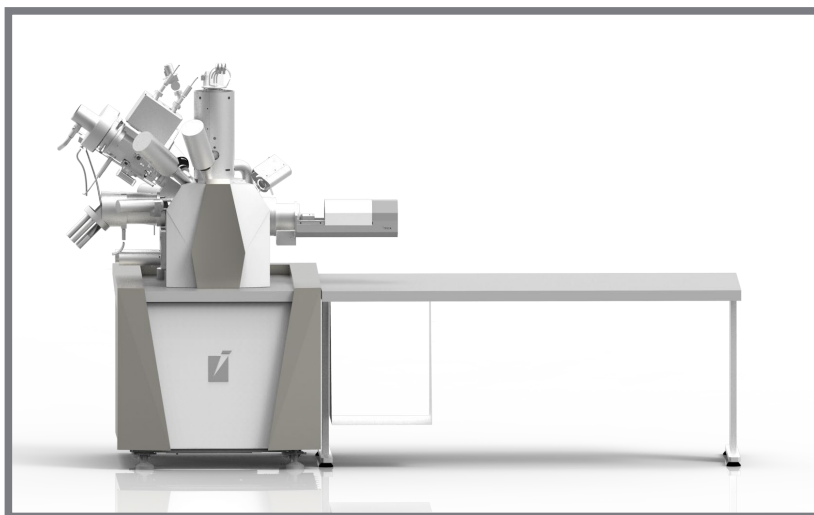
Tento kryt svou velikostí nabízí dostatečný prostor pro připojení budoucích detektorů. Tvarová jednoduchost tohoto návrhu je příznivá na výrobní náklady na druhou stranu však může přispívat k nevýraznosti celého řešení a anonymitě produktu. Nevýhodou můžou také být velké rozměry a pravděpodobná nutnost vnitřního rámu konstrukce.



Obr.4-4 Varianta 1 - přední pohled

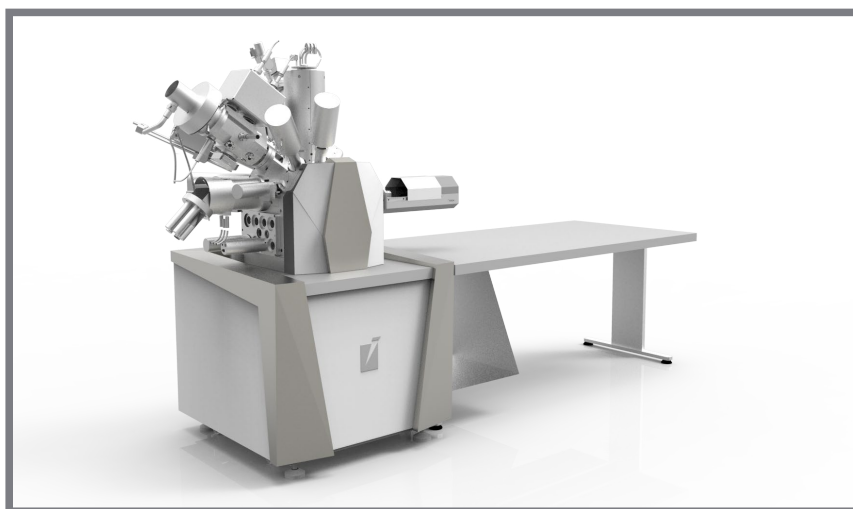
4.3 Varianta 2

Druhá varianta je naprostým opakem varianty první, zcela přiznává technologickou část mikroskopické soustavy. Tento návrh v nejvyšší možné míře respektuje zadání, že by vytvořený design neměl být omezující, co se týče zařízení připojených na komoru. To se týká také budoucích zařízení, jejichž velikost a tvar nelze s určitostí predikovat. Tubusy a detektory by měly být v jednotném barevném provedení s orámováním skříně a přední maskou komory tak, aby celková kompozice působila jednotně.



Obr.4-5 Varianta 2 perspektivní pohled

Z čelního pohledu je komora se skříní vizuálně sjednocena pomocí lomených linií, které se protínají v pomyslném průsečíku. Tyto linie zároveň korespondují s logem Tescanu, které je umístěno ve středu přední části skříně. Na bocích rohových částí komory se nachází madla pro pohodlnější manipulaci s dvířky komory.

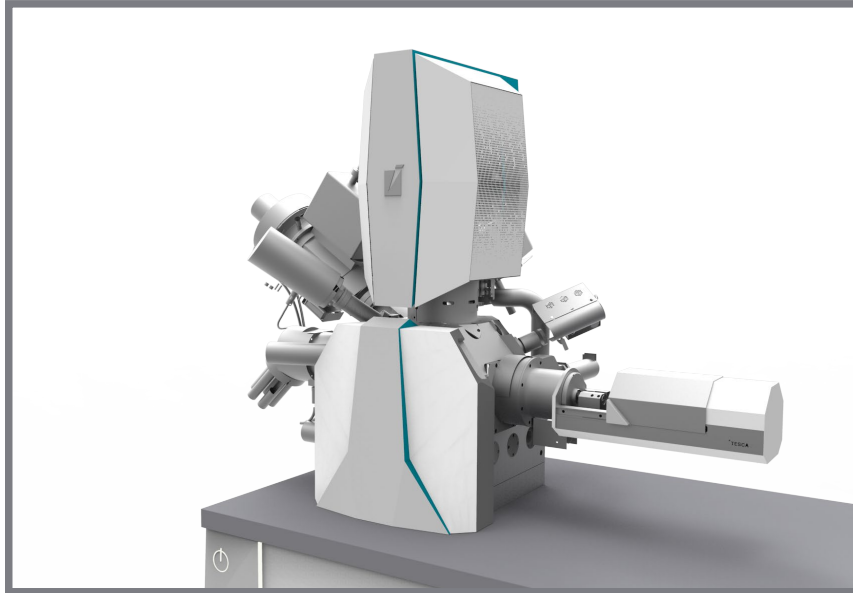


Obr.4-6 Varianta 2 - perspektivní pohled

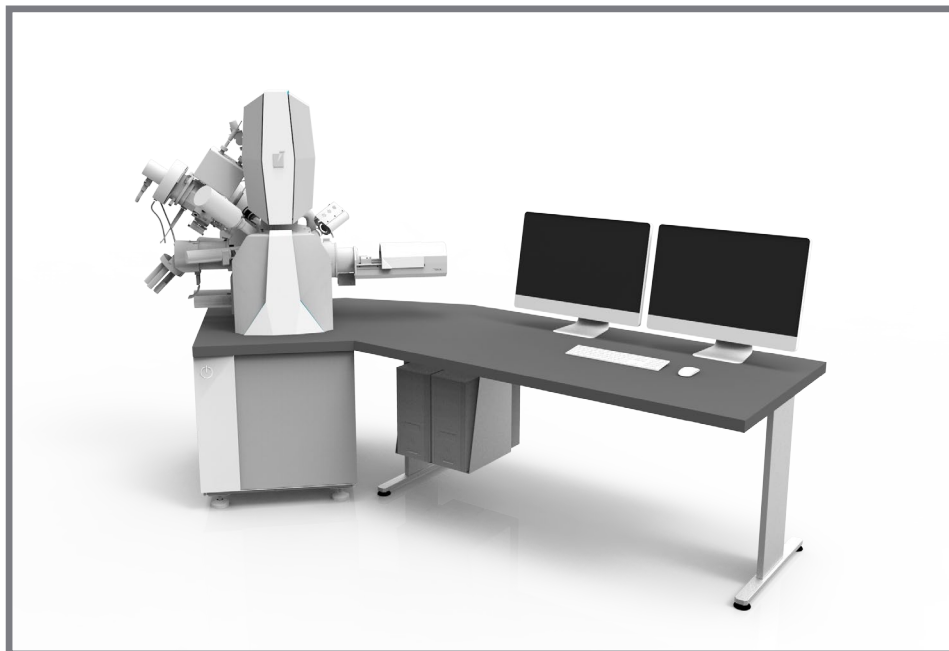
4.4 Varianta 3

4.4

Varianta číslo tři s pracovním názvem „GEM“, částečně krytuje také oblast nad komorou. Dominantou celého přístroje je SEM tubus, na což kryt vizuálně upozorňuje. Na bocích krytu se nacházejí mřížky, které slouží k lepší cirkulaci vzduchu. Přední maska komory plynule navazuje na kryt tubusu. Finální varianta vychází z varianty číslo tři, blíže je její tvarové řešení popsáno v následující kapitole.



Obr.4-7 Varianta 3 - boční pohled detail



Obr.4-8 Varianta 3 - perspektivní pohled

4.5 Zhodnocení variant

Při navrhování bylo nutné respektovat vizuální styl společnosti Tescan. Náležitost produktu ke značce byla podpořena zejména geometrickým tvarováním s lomenými plochami barevností produktu.

Vzhledem k funkci přístroje, konkrétně směřování elektronového paprsku z vrchu dolů, byly voleny především vertikální vizuální prvky.

První varianta vytváří příliš velkou hmotu a neposkytuje možnost vyniknout technologickým součástí přístroje. Tento nedostatek zcela kompenzuje varianta druhá, která je ze všech tří variant nejkompaktnější a umožňuje také jakékoli konfigurace zařízení připojených na komoru. U druhé varianty však může přílišná odhalenost technologických částí způsobovat nepřehlednost. Třetí varianta spojuje výhody a nevýhody obou předchozích řešení.

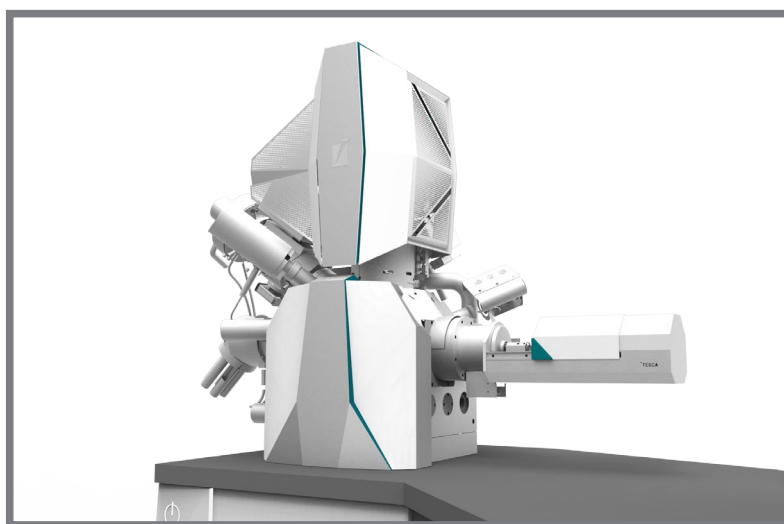
Na základě analýz a konzultací jsem se rovněž snažila stanovit problémy, které se vyskytovaly u současného řešení navržené studiem Faktum design. Zejména pak:

- nutnost asistence druhé osoby při rozebírání krytu
- chybějící madlo na komoře přístroje
- ergonomii stolu - zasahování externího zakladače do pracovní plochy stolu

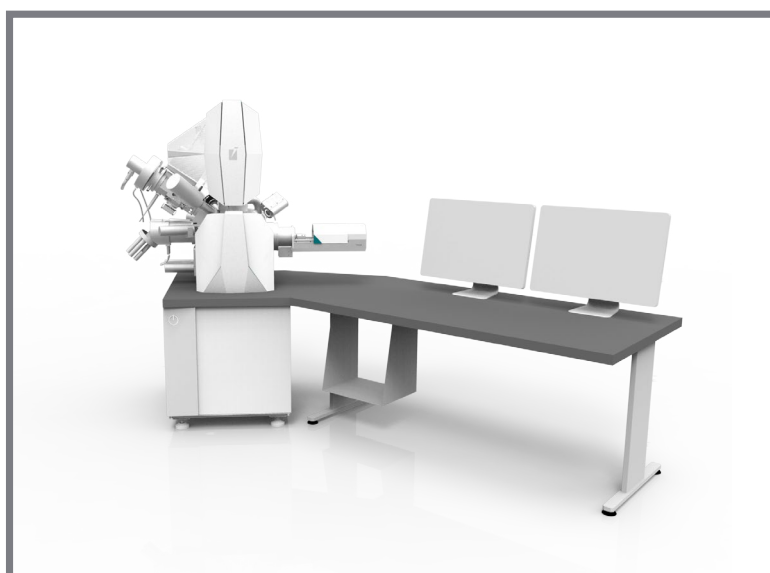
5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

5

U finální varianty je uplatněn princip částečného zakrytování mikroskopu. Přístroj tedy působí kompaktnějším dojmem, protože zakrývá část detektorů a iontového tubusu. Základním tvarovým prvkem tohoto návrhu je hexagonální struktura inspirovaná krystalem. Hlavní dominantou tohoto řešení je kryt pro elektronový tubus. Celkové tvarování definují zalomené plochy. Stříbrná barva masek koresponduje s barevností technologických součástí mikroskopu.



Obr.5-1 Finální varianta boční pohled na kryt SEM tubusu s komorou



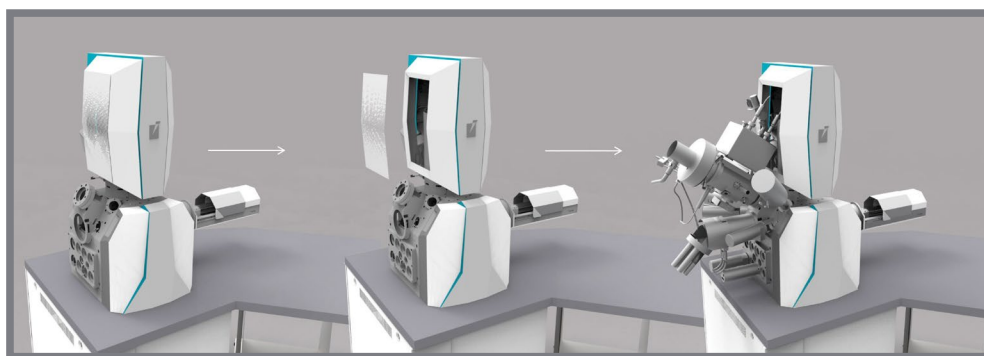
Obr.5-2 Finální varianta perspektivní pohled

5.1 Kryt pro elektronový tubus

Kryt je složen z několika částí. Přední masky, těla krytu obalujícího tubus a postranních mřížek, které se starají o pasivní větrání systému. Ústředním motivem je hexagonální maska ve střední části. Uprostřed masky je umístěn prolis loga. Logo je umístěno v nejdominantnější části, ale i tak působí decentním dojmem.

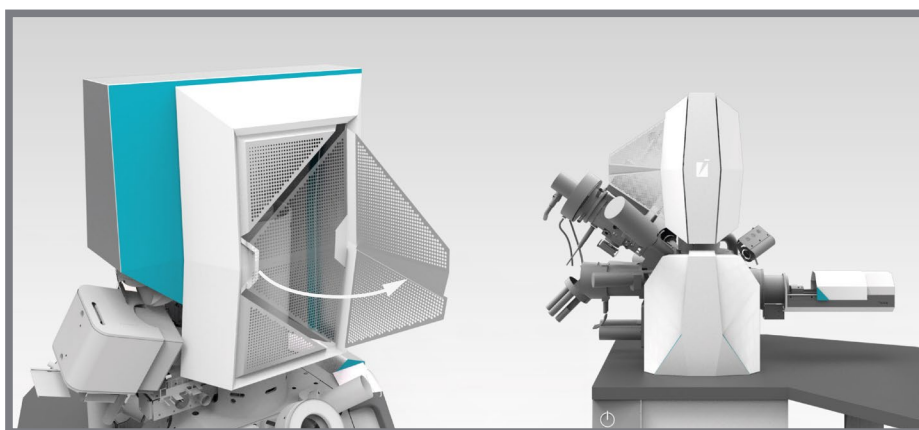
Motiv hexagonu se objevuje také na boční perforované mřížce. Kvůli větší dynamice a celkovému odlehčení návrhu hexagony zmenšují svůj průměr směrem od střední linie k vrchnímu a spodnímu okraji.

Jsou zde dva typy mřížek. Jedna je jednoduchá pouze s perforací. Tento typ je vhodný pokud k mikroskopu není připojen iontový tubus, který zasahuje do oblasti krytu pro SEM tubus.

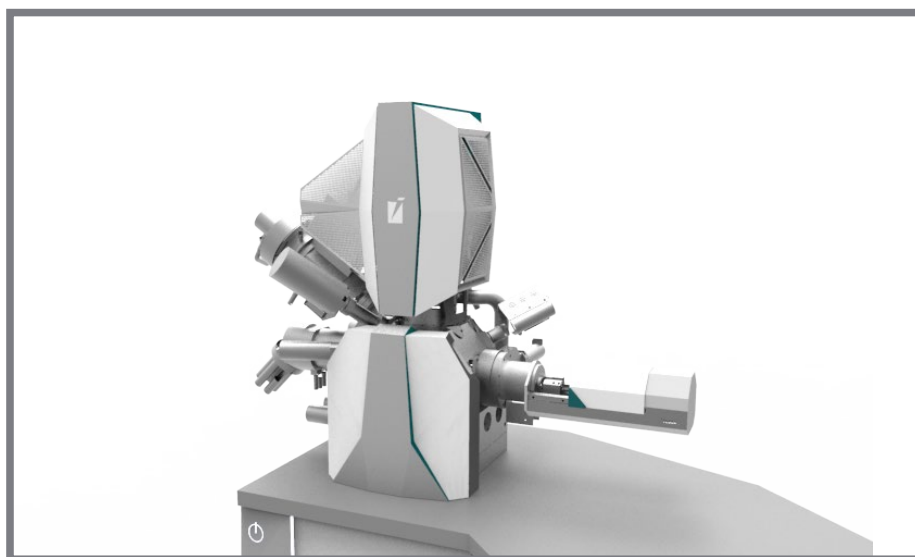


Obr.5-3 Perforovaná mřížka typ 1

Druhý typ mřížky je možno otevřít a vytvořit tak prostor pro zasahující detektor. Díky zkoseným hranám mřížky a rámu krytu ve 45° se tyto hrany o sebe opřou. Dvířka mřížky jsou rozděleny na dvě části, při otevření dojde k vytvoření spáry mezi dvířky, proto je v místě spodního okraje vrchní části navržen trojúhelníkový lem. Spodní linie dvířek mřížky následuje sklon iontového tubusu. Obě mřížky jsou odnímatelné. Kryt by byl vyroben z ohýbaných plechů. Tato metoda je příznivá, co se finanční náročnosti týče. Jednotlivé plechy by byly ošetřeny barvou, nebo by případně byly naeloxovány. Z bočního pohledu je mezi maskou a tělem krytu patrný odskok. Ten je akcentován v modré barvě společnosti Tescan.



Obr.5-4 Otvírání části bočního krytu



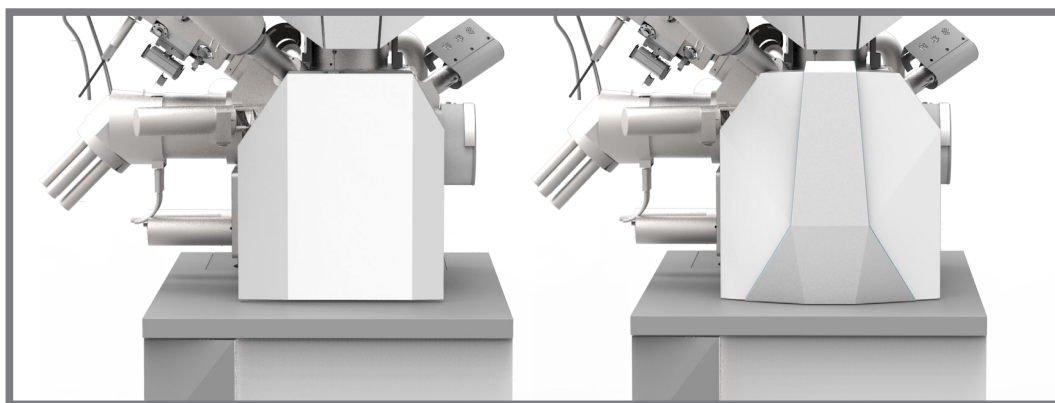
Obr.5-5 Perforovaná mřížka typ 2

5.2 Přední maska komory

5.2

Maska komory je navržena tak, aby vizuálně korespondovala maskou krytu elektronového tubusu. Na vrcholku masky je vytvořen výběžek, který tyto dvě část pomyslně propojuje také z perspektivních pohledů. Lomené linie přední masky navazují na tvar krytu pro tubus. Z bočního pohledu je taktéž patrný tenký prolis v modré barvě, který navazuje na linii z krytu pro SEM tubus. V rozích vrchní části masky se nacházejí madla. Ta by byla vyrobena z měkkého plastu.

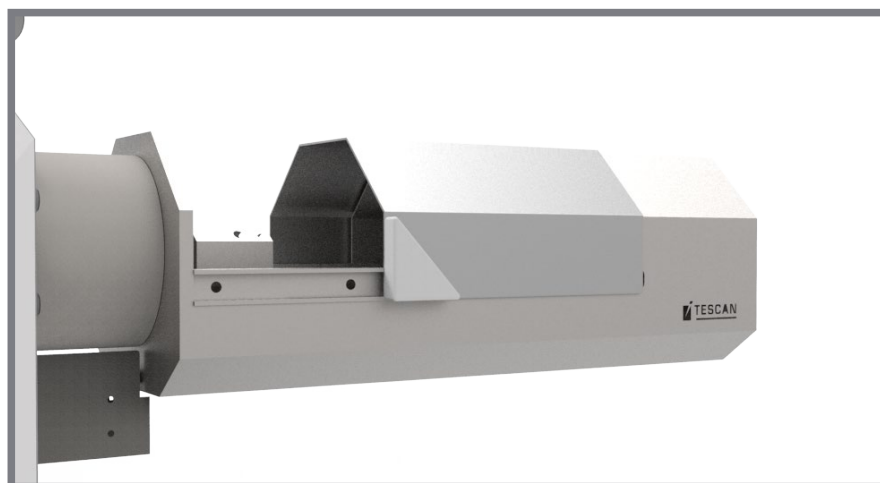
Komora typu GM je z předního pohledu asymetrická. Nesouměrnost je navrženým krytem vyrovnána, tak aby na sebe spodní i horní část krytu harmonicky navazovala. Z boku je tento přesah vyrovnán lomenou plastovou lištou.



Obr.5-6 Komora bez krytu a komora s krytem

5.3 Externí zakladač

Tvar zakladače následuje hexagonální tvarosloví zbytku návrhu. Horní část je opatřena malým trojúhelníkovým madlem. To slouží k otevírání a zavírání zakladače při horizontálním posuvu.

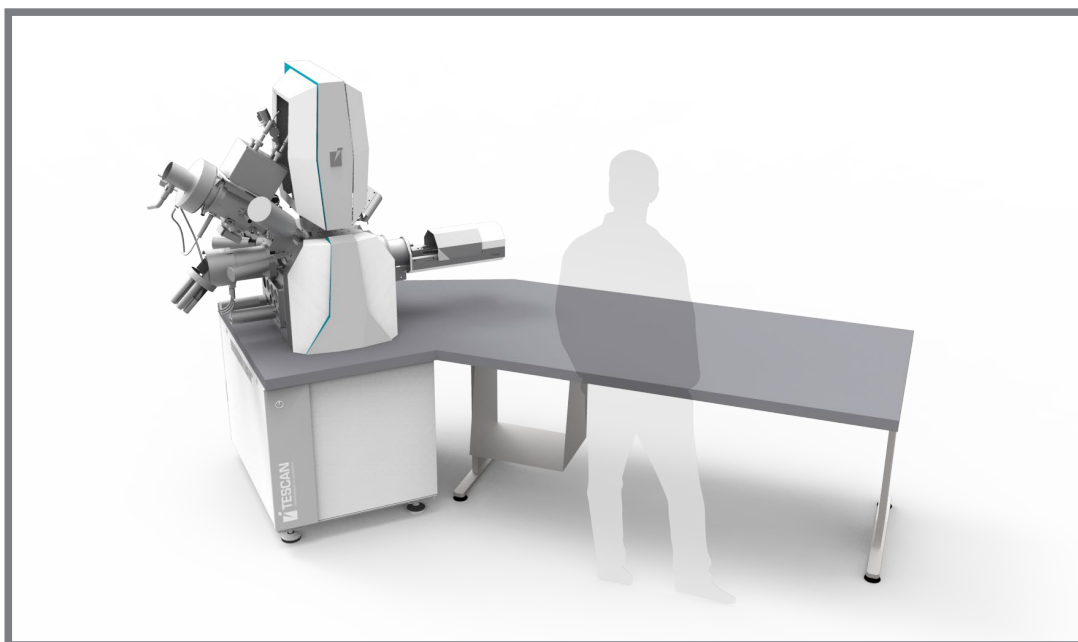


Obr.5-7 Externí zakladač

5.4 Stůl a skříň

Pro skříň mikroskopu je zvoleno jednoduché geometrické tvarování. Na levé straně přední plochy skříně je prostor pro název produktu a logotyp. Ozvláštněním této plochy je zkosení levého horního rohu, které z předního pohledu opticky navazuje na masku komory. V této části se nachází podsvícený vypínač. Vpravo na boku plochy je podsvícená linie, která oznamuje, zda je přístroj v provozu či nikoli.

Stůl je také navržen v jednoduchém geometrickém tvarosloví. Mezi skříň a stůl je možno vložit trojúhelníkový segment, díky němuž je zaručeno optimálního ergonomického rozložení pracovní plochy.



Obr.5-8 Finální tvarové řešení s ergonomem bez boční mřížky



Obr.5-9 Mikroskopické pracoviště s počítačovým hardwarem

6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

Přístroj, na který je navržen kryt typově odpovídá konfiguraci s názvem LYRA3 FIB-SEM. LYRA3 je dvousvazkový typ mikroskopu kombinující vysokorozlišovací emisní elektronový tubus (FE-SEM) s víceúčelovým výkonným iontovým zdrojem (Ga-FIB). Tento typ mikroskopu se využívá zejména pro zobrazování preparátů ve vysokém rozlišení a následnou 3D rekonstrukci obrazu. Mikroskop může být vybaven systémem vstřikování plynu (GIS), který je základní komponentou pro většinu aplikací fokusovaného iontového svazku. Dalším příslušenstvím jsou nanomanipulátory a široká škála detektorů, které umožňují velký rozsah nejrůznějších rozšířených funkcí.

Do umístění a rozměrů technologických součástí nebylo možno nijak zasahovat. V následující kapitola tedy stručně popisuje technologické vybavení, zacházení s přístrojem, požadavky na provoz konkrétního přístroje. Dále se kapitola blíže zaměřuje na konstrukci navržených krytů.

6.1 Technologické vybavení přístroje

Elektronový tubus

SEM tubus je vybaven **elektronovou tryskou (Schottkyho autoemisní tryska)**, která je zdrojem urychlených elektronů. Hrot trysky tvoří wolframové vlákno a krystal oxidu zirkonu, tento hrot je připevněn k vláknu ze stejného materiálu, který je žhaven na teplotu 1800 K. Další součástí tubusu je silná **magnetická čočka (kondenzor)**, která usměrňuje tok elektronů. Centrování trysky vytváří **systém elektromagnetických vychylovacích cívek** uložených pod tryskou. Výsledný zobrazovací svazek je ořezáván pomocí **aperturní clony**, která se nachází pod kondenzorem a centrováním trysky. Dalšími součástmi pod centrováním trysky je **mezičočka**, která slouží ke změně apertury svazku, **stigmátory**, které kompenzují astigmatické vady, **rastrovací cívky** a **objektiv**, který je poslední magnetickou čočkou tubusu.

Iontový tubus

Tubus s fokusovaným iontovým svazkem obsahuje **iontový zdroj**, který pracuje s tekutým kovem, zde konkrétně s galliem. Dalšími součástmi iontového tubusu jsou **elektrostatické čočky**, **vychylovací systém** svazku a **clony**. Iontový tubus je v tomto případě skloněn vůči SEM tubusu o 55°.

Komora

Jedná se o uzavřený prostor pod tubusem, ten je vybaven množstvím portů pro uchycení detektorů a elektrických průchodek pro jiná zařízení. Navržená sestava obsahuje komoru typu GM. Tato komora nabízí možnost práce s optimalizovanou geometrií portů pro vysoký počet detektorů. Komora obsahuje aktivní integrovaný antivibrační systém.

Zkoumaný vzorek se upevňuje do plně motorizovaného manipulátoru. Během vyhodnocovacího procesu je možno díky tomuto zařízení se vzorkem pohybovat. Při chodu mikroskopu musí být komora odčerpána, práce se vzorkem tedy probíhá ve vakuu.

Detektory

Detekční systém mikroskopu se může skládat z množství detektorů, jež jsou určeny k detekci různých signálů, které vznikají interakcí elektronového svazku s povrchem vzorku. Kombinace těchto přístrojů jsou voleny dle specifických potřeb zákazníka. Níže krátce popisují základní typy detektorů od společnosti Tescan.

SE Detektor

Jedná se o detektor sekundárních elektronů, které nesou informaci o topografickém kontrastu vzorku. Tento detektor je základním typem detektoru a je jím vybaven každý mikroskop.

BSE Detektor

Tento detektor zjišťuje informace o materiálovém kontrastu, které nesou zpětně odražené elektrony.

In-Beam SE

Detektor InBeam SE je umístěn v objektivu mikroskopu a umožňuje detekovat sekundární elektrony, které jsou vtahovány do vnitřní části objektivu.

In-Beam BSE

Detektor InBeam BSE je umístěn taktéž v elektronovém tubusu a oproti detektoru BSE je schopen zachytit elektrony, které se rozptýlily pod větším úhlem.

SE (BDM) Detektor

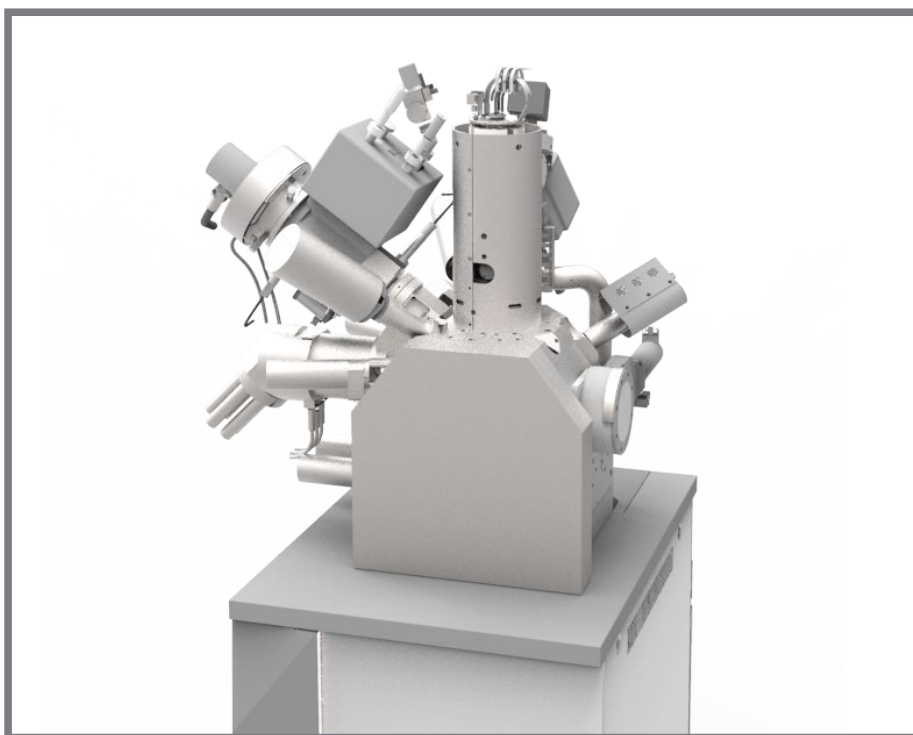
Pomocí tohoto typu detektoru lze získat lepšího rozlišení na nižších energiích primárních elektronů.

EBIC Detektor

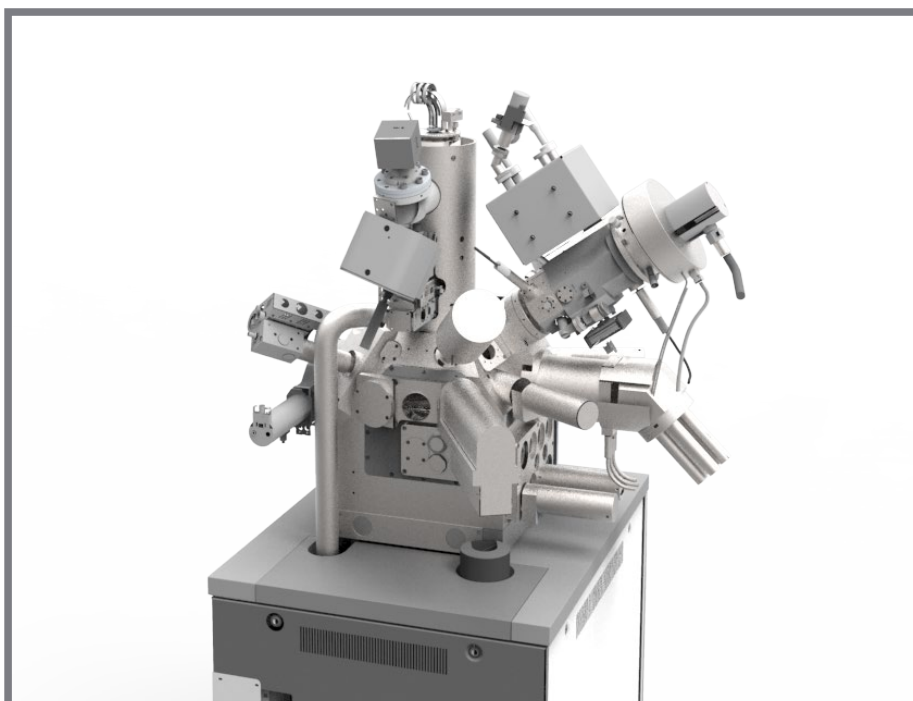
Tento detektor se používá k měření proudu vyvolaného fokusovaným elektronovým svazkem uvnitř vzorku, respektive vodivosti a mapování

STEM Detektor

Slouží jako doplňková metoda pro snímání obrazu tzv. prošlých elektronů.



Obr.6-1 Odkrytovaný mikroskop s detektory - přední pohled

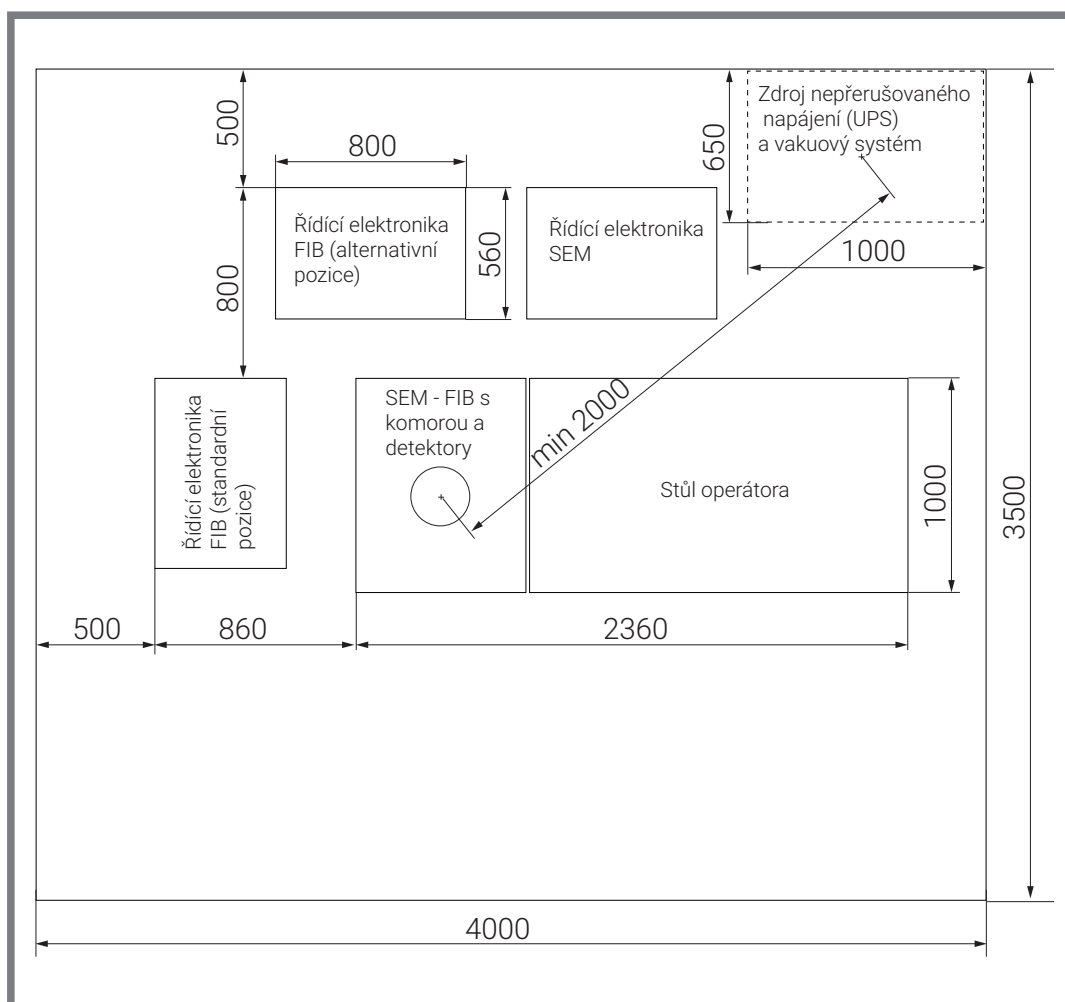


Obr.6-2 Odkrytovaný mikroskop s detektory - zadní pohled

6.2 Požadavky na provoz

Mikroskop je vybaven nepřetržitou dávkou energie. Je zapojen do sítě se standardními parametry $230\text{ V} \pm 10\%$ / 50 Hz , 2300 W . Laboratoř musí být vybavena vakuovým systémem, který z komory odčerpává vzduch a doplňuje ji stlačeným suchým dusíkem o tlaku $150 - 500\text{ kPa}$. Jakékoli zásahy do přístroje mimo běžné uživatelské úkony může provádět pouze osoba pověřená výrobcem mikroskopu. Jedná se především o snímání krytů a manipulaci v elektrické části přístroje. Mikroskop je vždy dodáván spolu s montáží. Mikroskop prochází pravidelnou roční revizí, při níž musí technik sejmout kryt SEM tubusu. Kromě revize provádí technik také opravy přístroje, výměnu pojistek nebo dalších náhradních dílů.

Minimální rozměry laboratoře musejí být $4\text{ m} \times 3,5\text{ m}$ a minimální šířka dveří 1 m . Za stolem operátora je vymezeno místo na skříň s elektronikou pro elektronový a iontový tubus. Ve vzdálenosti minimálně 2 m od mikroskopu se nachází zdroj nepřerušovaného napájení (UPS) a vakuový systém.



Obr.6-3 Rozmístění součástí SEM-FIB mikroskopického pracoviště, rozměry v mm

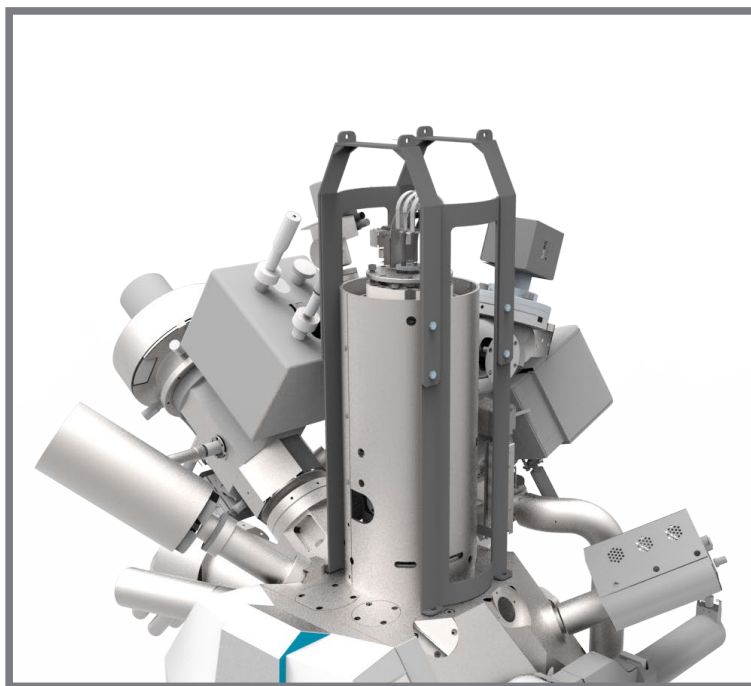
6.3 Krytování mikroskopu

Krytování technické části mikroskopu se skládá ze tří částí - **krytu SEM tubusu**, **krytu komory** a někdy také **krytu externího zakladače**, tento však nebývá součástí běžné sestavy. Kryt SEM tubusu je nasazen na nosnou konstrukci.

U těchto mikroskopů se předpokládá výroba v malé sérii, proto jsou obě části řešeny tak, aby náklady na výrobu nebyly zbytečně zatíženy výrobou forem. Jednotlivé dílce krytu jsou řešeny pro výrobu ohýbáním kovových plátů. Pláty jsou nejprve vystřiženy, následně ohýbány do požadovaných tvarů a nakonec svařeny. Perforace a tvar mřížek jsou vyřezány pomocí laseru. Zvoleným materiálem jsou hliníkové desky o tloušťce 4 mm. Hliník je vhodný zejména pro opláštění SEM tubusu a to zejména díky svým pasivním chladicím schopnostem a dále pak také díky své relativně nízké hmotnosti.

6.3.1 Nosná konstrukce krytu SEM tubusu

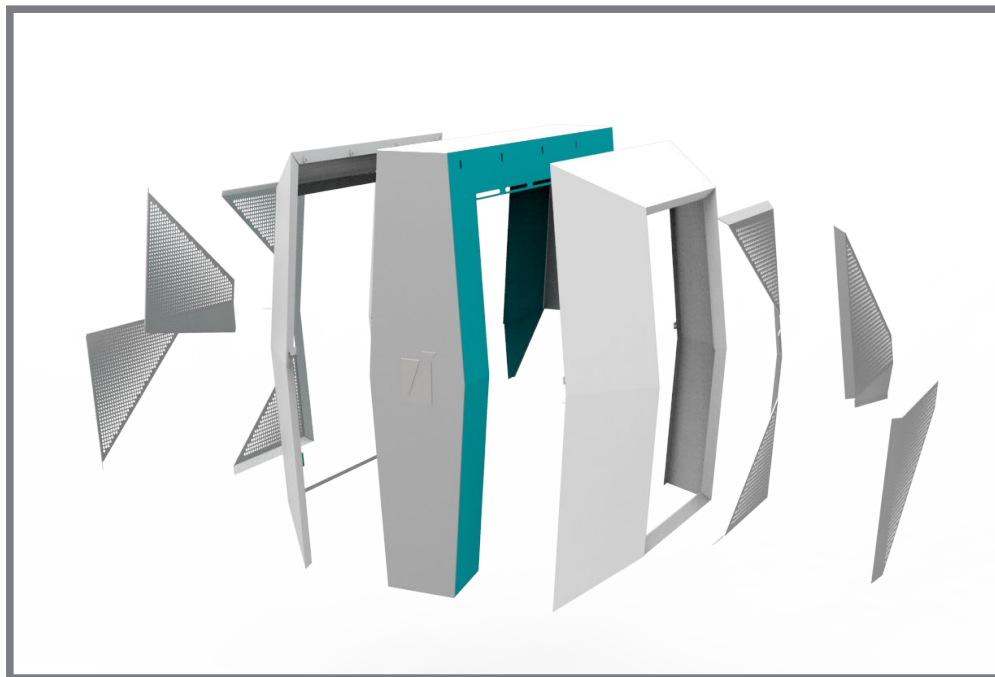
Na přání zákazníka nebylo možné zavěsit kryt přímo na hmotu SEM tubusu. Byla tedy navržena pevná ocelová konstrukce, která je připevněna na vrchní plochu komory. Konstrukce se skládá ze dvou částí. Spodní část je nasazena přímo na komoru, pomocí čtyř trnů. Vrchní segment je v požadované výšce přimontován osmi šrouby ke spodní části. Samotný kryt SEM tubusu je s konstrukcí spojen na jejím vrcholku. K tomuto účelu jsou zde čtyři vertikální plošky a na středním panelu krytu jsou vykrojeny vodorovné otvory, pomocí kterých je možno kryt posunout do žádoucí polohy. Na konstrukci je tedy možno kryt polohovat vertikálním či horizontálním směrem. Potřeba polohovatelnosti krytu je dána zejména kvůli případnému připojení detektorů na přední část komory.



Obr.6-4 Nosná konstrukce krytu SEM tubusu

6.3.2 Kryt SEM tubusu

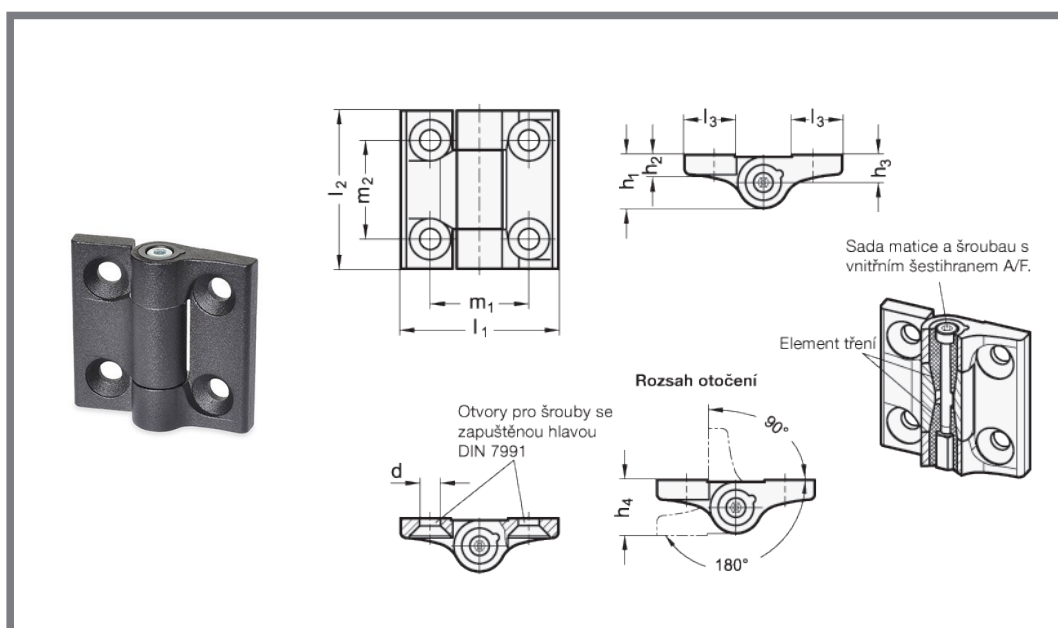
Kryt SEM tubusu se skládá ze tří částí. Na střední panel jsou z boku zavěšeny postranní kryty. Zavěšení je řešeno pomocí čtyř navařených ocelových háčků na bočnicích, které zapadají do otvorů po bocích středního krytu. Cirkulace vzduchu v okolí SEM tubusu je zajištěna perforovanou mřížkou na bočních krytu a větranou mezerou, která se nachází mezi středním hmotou krytu a jeho bočními segmenty.



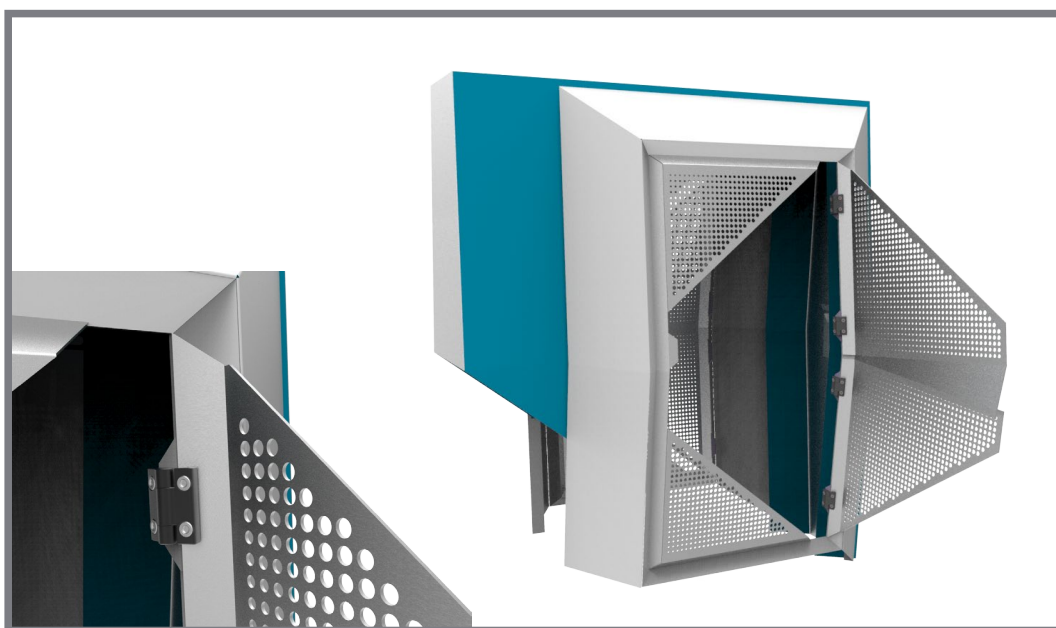
Obr.6-5 Části krytu SEM tubusu

Rozevíratelná postranní mřížka je po stranách zkosená pod úhlem 45° . Pod tímto úhlem jsou zkoseny také hrany lemující rám, ve kterém je mřížka umístěna. Díky tomu je zajištěno rozevření dvířek do polohy 90° vzhledem k střední ose krytu. V případě konfigurací mikroskopu bez FIB tubusu mohou být dvířka uzavřena. Fixace dvířek v žádoucích polohách je zaručena čtveřicí pantů s nastavitelným třením. Nastavovací šroub pantu umožňuje regulovat třecí odpor pantu. Pomocí šroubu se nastaví konstantní odporový moment. Otočení dvířek je tedy podmíněno vyvinutím určité síly a tím je zabráněno jejich samovolnému pohybu. Aretovací šroub je možno v otevřené poloze dvířek dotáhnout a polohu tak fixovat zcela. Třecí moment vzniká zasouváním dvou tenkých kuželů proti sobě. Panty jsou vyrobeny ze zinkové slitiny.

Výklopné postranice umožňují použití krytu na různé konfigurace mikroskopů, což společností snižuje náklady na výrobu.



Obr.6-6 Konstrukce pantů s nastavitelným třením (31)

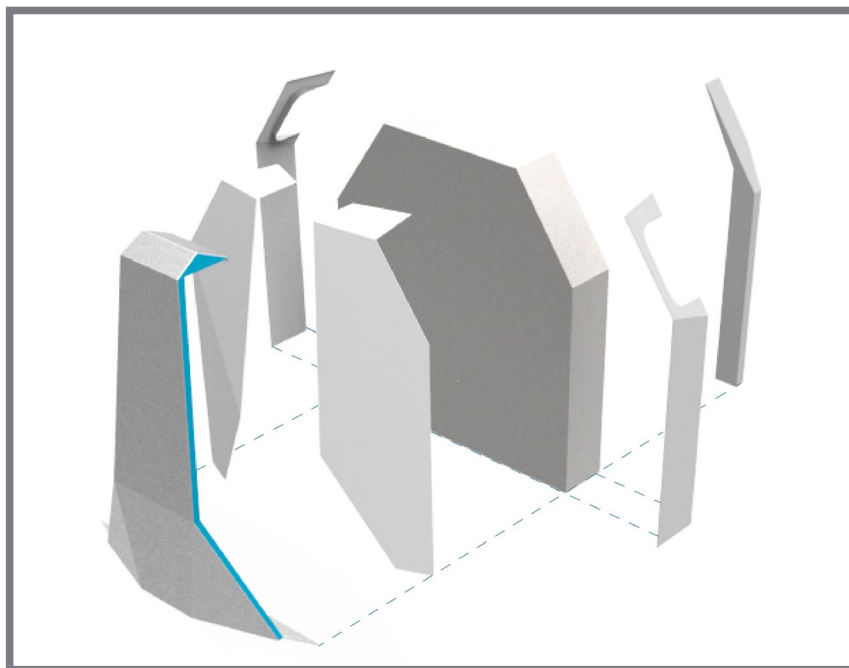


Obr.6-7 Umístění pantů

6.3.3 Kryt komory

Krytování komory je řešeno pouze v její přední části, ze všech ostatních stran se totiž na jejím povrchu nachází řada portů a přípojek. Naohýbaný hliníkový kryt se skládá z jednoho středního a dvou bočních panelů. Na dvířka komory jsou tyto části přichyceny pomocí drážek. Na zkosených hranách je komora opatřena plastovými

madly pro lepší manipulaci s dvířky při zakládání vzorku. Madla a boční lišta by byla vyrobena pomocí 3D tisku v odpovídající kvalitě nebo pomocí rotačního tváření plastů (rotomouldingu), které je díky své nízké ceně vhodné také pro malé série výrobků.

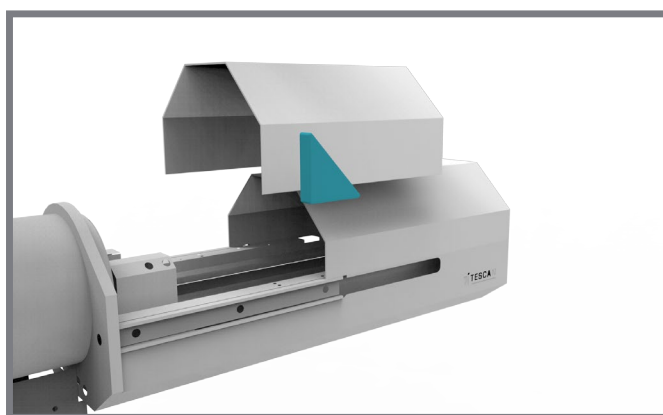


Obr.6-8 Rozložený kryt komory

6.3.4 Kryt externího zakladače (Load Lock)

6.3.4

Zakladač slouží k rychlejšímu vkládání vzorku do komory, tak aby nemuselo dojít k odčerpání vakua z celého prostoru komory. Součást je z vrchu opatřena ohýbanou hexagonální kovovou krytkou. Zavírání krytky se děje v horizontálním směru po kolejničích. V rohu krytky je navrženo plastové trojúhelníkové madlo. Kryt je usazen do kolejnič po stranách load locku.



Obr.6-9 Součásti krytu externího zakladače

6.3.5 Kryt skříně pod mikroskopem

Technická skříň pod mikroskopem obsahuje část řídicí elektroniky, turbomolekulární pumpu a aktivní nebo pasivní odpružující prvky. Rozměry skříně jsou pevně stanoveny, bylo možno ovlivnit pouze vzhled předního krytu skříně. Na kovový rám jsou připevněny zadní a boční postranice s průduchy. Postranice jsou vyrobeny z kovových plátů. Shora je připevněna deska stolu ve které jsou vyřezány otvory pro propojení mikroskopu s odpružením a vakuovým systémem. Hmotu mikroskopu se tedy nachází v mírném odsazení od vrchní desky skříně, tak aby nedocházelo k přenášení otřesů na zkoumané preparáty.

Přední kryt se skládá ze dvou kovových částí. Mezi těmito částmi se nachází 15 mm široká spára ve které je umístěna LED páska s difuzorem. Světlo indikuje chod mikroskopu. Spodek skříně je vybaven pojízdnými kolečky a plastovými koncovkami se stavěcími šrouby, jejich výšku je možno regulovat do 50 mm.



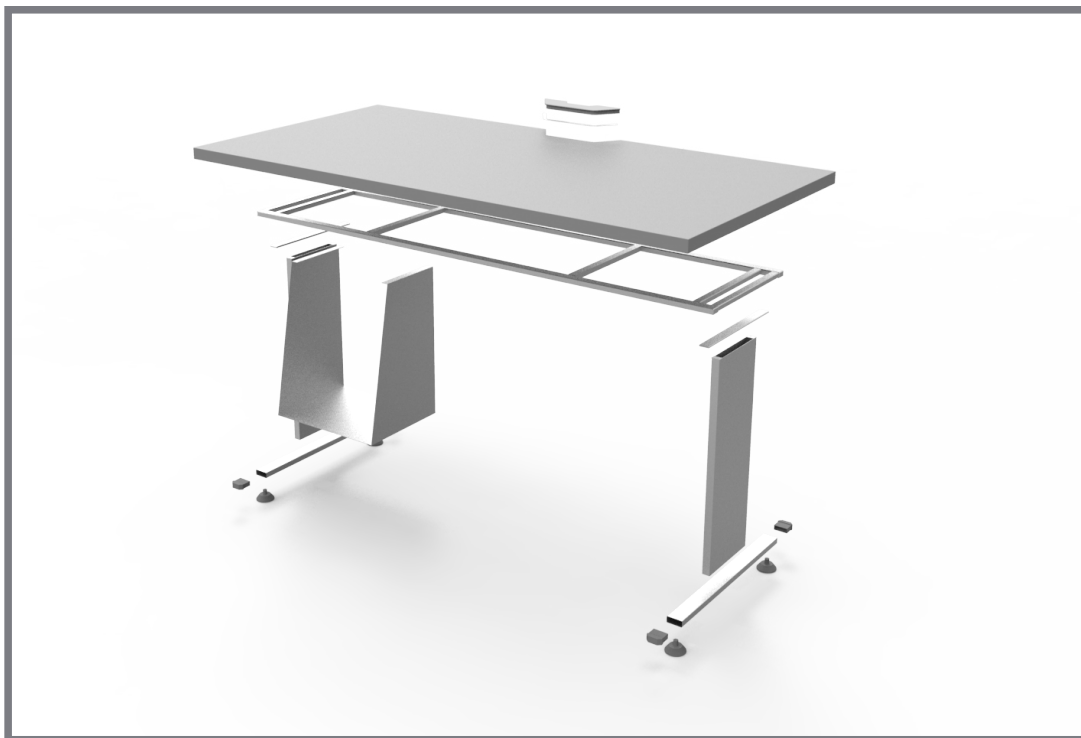
Obr.6-10 Konstrukce technické skříně

6.4 Konstrukce pracovního stolu

Konstrukční řešení pracovního stolu čerpá ze současných trendů kancelářského nábytku. Na stolu operátora jsou umístěny ovládací komponenty a počítačový hardware. Plocha pracovního stolu je kvůli případným otřesům zcela oddělena od skříně mikroskopu. Základem stolu je kovový rám s kovovými nohami, jež jsou zespodu opatřeny plastovými koncovkami se stavěcími šrouby. Výšku je možno regulovat do 50 mm. Na konstrukci je přimontována vrchní deska z materiálu MDF s laminátovým povrchem. Uprostřed zadní hrany stolu je vyřezán otvor pro kabeláž ovládacích prvků (ovládacího panelu mikroskopu, klávesnice a myši). Na kovový rám je pomocí šroubů

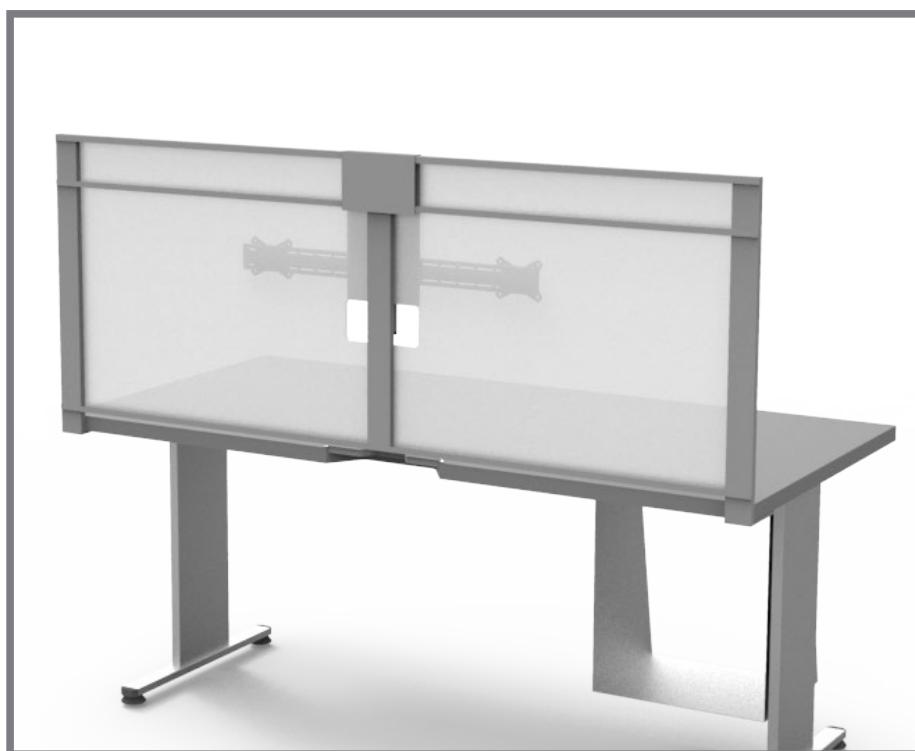
přípevněn držák na dvě počítačové skříně. Ten je vyroben z ohýbaného hliníkového plechu.

Pokud se v konfiguraci mikroskopu nalézá také externí zakladač, může být deska vybavena také trojúhelníkovým segmentem. Tento se vkládá mezi část pracovní desky stolu a skříně. Segment je přichycen k desce stolu spojovacími ocelovými deskami.

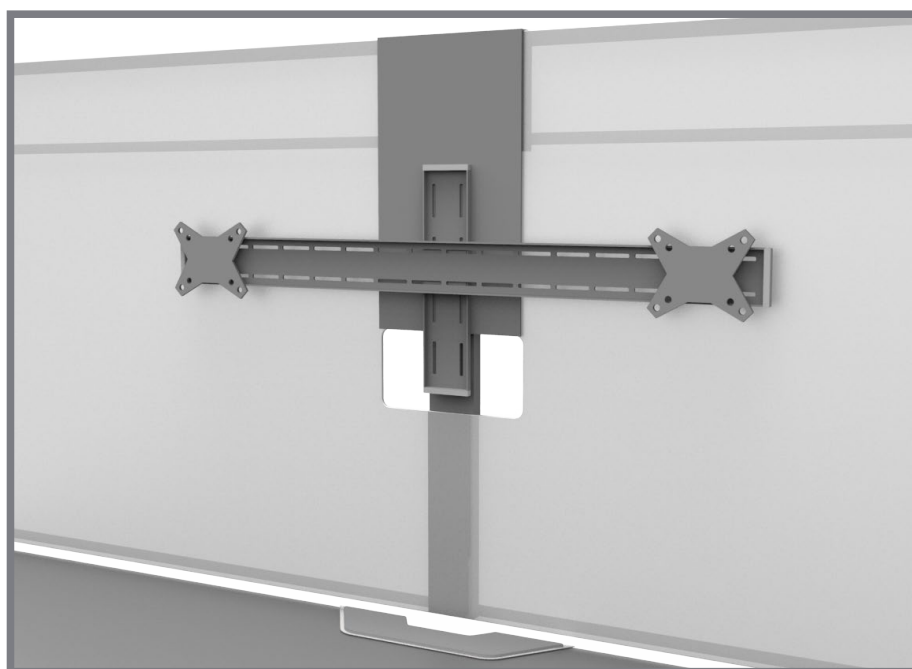


Obr.6-11 Konstrukce stolu

Pro optimální pracovní komfort uživatele je hardware vybaven minimálně dvěma monitory (v některých konfiguracích dokonce čtyřmi). K tomuto účelu byl navržen kovový držák monitorů. Držák je vyroben z ocelových profilů na které jsou přimontovány konzoly pro uchycení monitoru. Konstrukce držáku je zavěšena na zadní panel stolu. Plechové pláty konstrukce pro držák jsou v místě styku s plochami panelu vypolstrovány pěnovou gumou. Zadní panel je vyroben z ocelového rámu na který je připevněna deska z matného plexiskla. Do plexiskla je uprostřed vyřezán otvor, kterým jsou vedeny kabely monitorů. Rám panelu je s deskou stolu spojen pomocí ocelových úhelníků.



Obr.6-12 Konstrukce zdního panelu



Obr.6-13 Konstrukce držáku monitorů

6.5 Rozměry přístroje

Celkový rozměr mikroskopovací sestavy bez trojúhelníkového segmentu je 2365 mm x 1725 mm. Tato konfigurace se hodí zejména pro konfiguraci bez externího zakladače. Zakladač není základní součástí mikroskopu, proto udávám rozměry bez trojúhelníkové části stolu.

Základní rozměry v milimetrech:

Základní rozměry mikroskopu jsou tyto: 530 x 310 x 480

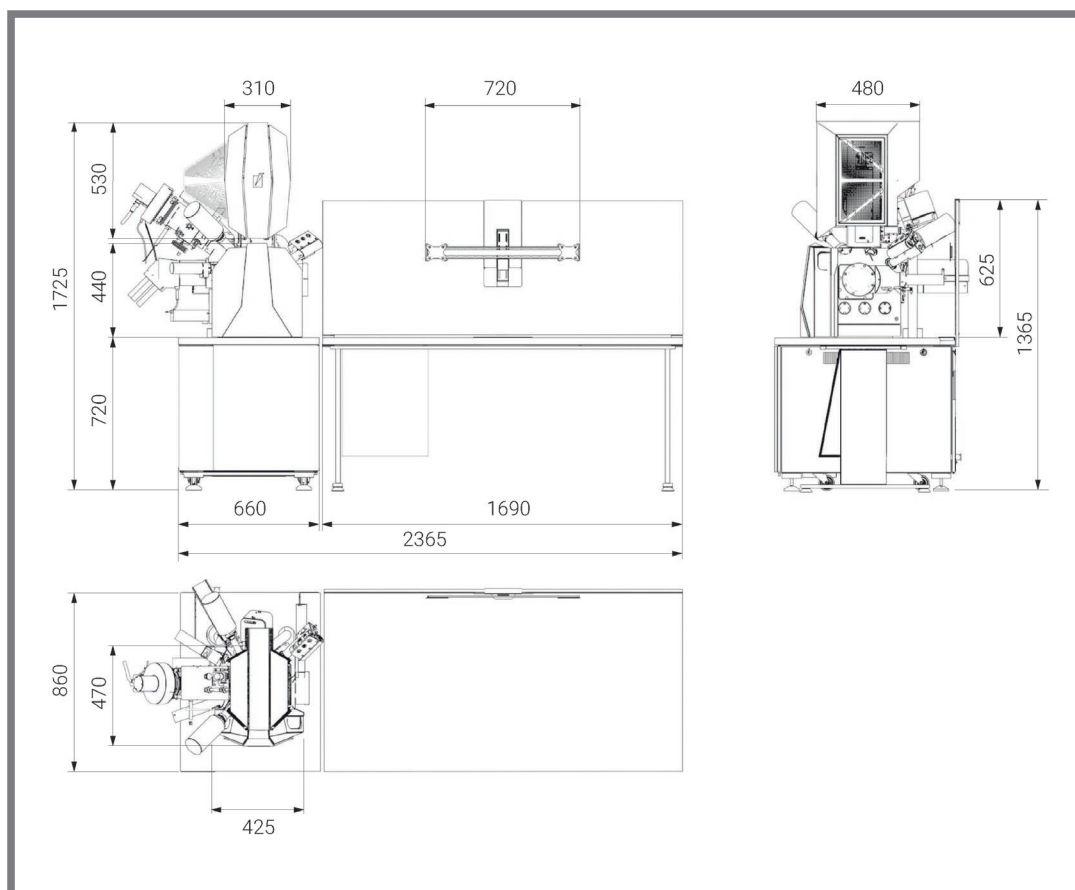
Celková výška krytu SEM tubusu: 530 mm

Celková šířka krytu SEM tubusu: 310 mm

Celková boční šířka krytu SEM tubusu: 480 mm

Vnější rozměry komory: 440 x 425 x 470 mm

Rozměry pracovního stolu: 1690 x 720 x 660 mm



Obr.6-14 Rozměry přístroje a pracoviště operátora v mm

6.6 Ergonomické řešení

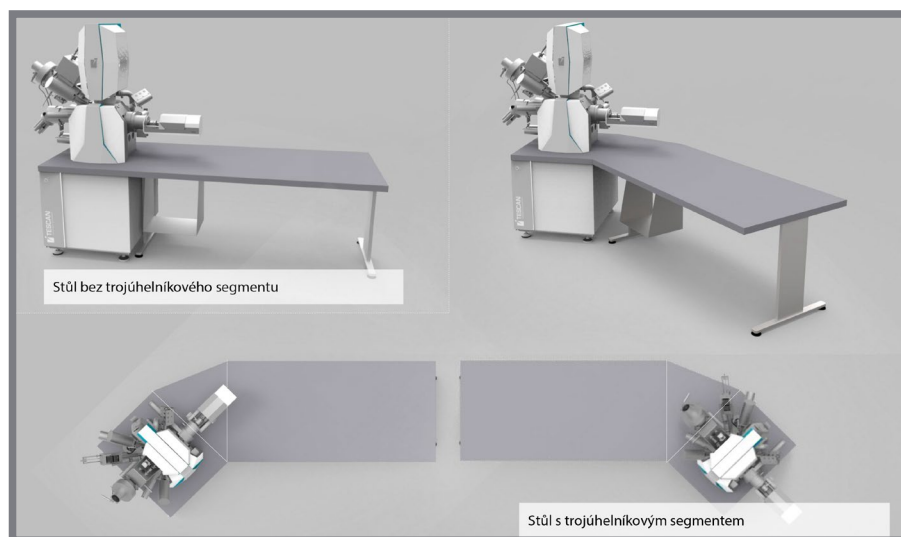
Cílem bylo vytvořit takové pracovní prostředí, které bude minimalizovat nepřiměřenou pracovní zátěž v nefyziologických polohách. Uspořádání pracovního místa má významný vliv na pracovní pohodu a výkon zaměstnance. (23) Převážnou část pracovní doby operátor stráví v prostoru pracovního stolu s počítačem. Základní pracovní polohou při práci s mikroskopem je sed. Problematika ergonomického řešení je tedy zaměřena především na řešení ergonomie klasického kancelářského pracoviště.

6.6.1 Ergonomie pracovního stolu operátora

Při navrhování počítačového pracoviště jsem se řídila normou ČSN EN ISO 9241 popisující ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály. (24)

Deska pracovního stolu se nachází v předepsané výšce 72 cm nad podlahou. Výšku je pak dále možno regulovat šroubovatelnými koncovkami v rozmezí 5 cm. Plocha pracovního stolu musí kromě místa na počítačové komponenty poskytovat také dostatečný prostor na případné odkládání dokumentů, vzorků a komponent na jejich přípravu.

Pracovní plocha stolu má jednoduchý obdélníkový tvar. Tento tvar byl zvolen zejména kvůli možnosti umístění skříně mikroskopu z druhé strany stolu. Toto řešení může být výhodné, pokud dispozice laboratoře neumožňuje umístění skříně vpravo od stolu operátora. Oboustranná modulace je zajištěna, i když je mezi stůl a skříň vložen trojúhelníkový segment. Ten umožňuje lepší rozložení pracovní plochy, pokud je na mikroskop připojen externí zakladač.



Obr.6-15 Modulace stolu

Kovový držák monitorů, díky kterému mohou být monitory vertikálně polohovány do požadované výšky. Držák poskytuje podporu pro až 4 monitory o velikosti 24 palců. Počet potřebných monitorů se mění zejména podle konfigurace mikroskopu a množství

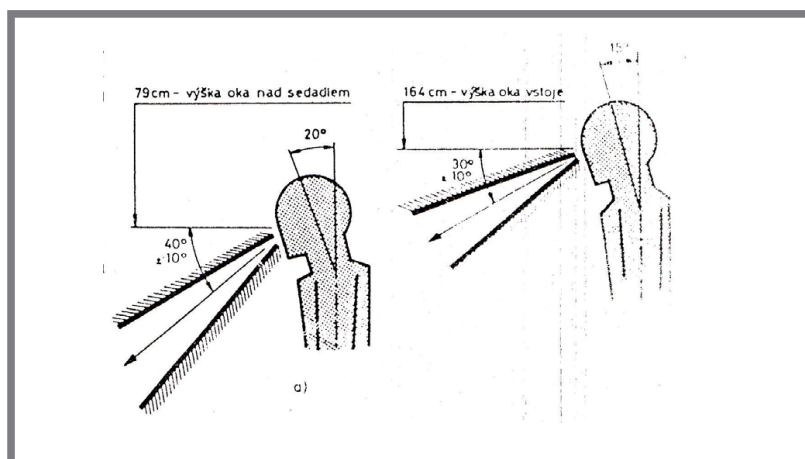
zkoumaných vlastností vzorku. Díky připojení monitorů na kovovou konstrukci je umožněno pozorování displeje pod optimálním pozorovacím úhlem.

Stůl operátora bývá umístěn před skříněmi s elektronikou pro SEM a FIB tubus, což může přinášet vizuální diskomfort a snižovat výkonnost operátora. Z toho důvodu je na stůl připevněn panel z matného plexiskla, který součásti za mikroskopem skryje.

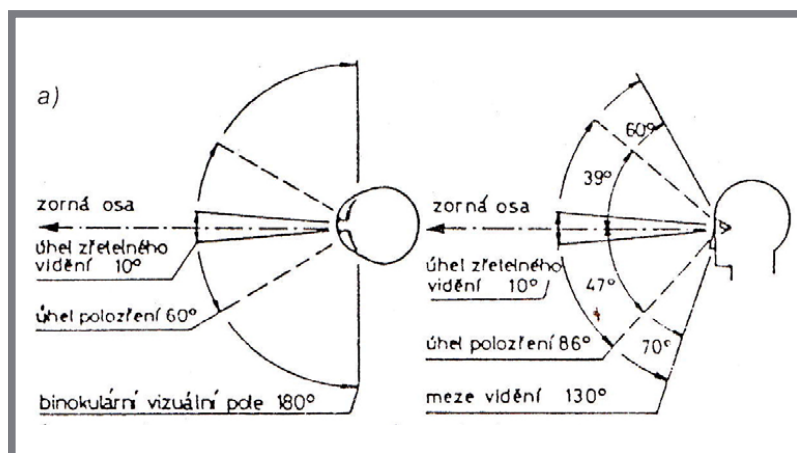
6.6.2 Zorné podmínky

6.6.2

Zorné podmínky jsou závislé na velikosti kritického detailu a kvalitě zraku. Kritický detail je část pozorovaného předmětu, kterou je nutno rozlišit, tak aby byl pozorovaný předmět správně identifikován. Další podmínkou je zorná vzdálenost - vzdálenost mezi pozorovanou věcí a okem. Pro administrativní práce je zorná vzdálenost 35 - 50 cm a doporučená výška pracovní plochy 65 - 75 cm. Další charakteristikou je zorné pole. Jde o oblast, kterou můžeme vidět aniž bychom pohlíželi okem. Z ergonomického hlediska se jedná o prostor, ve kterém můžeme provádět zrakově náročné práce. Hodnoty optimálních zorných úhlů pro sed a stoj jsou uvedeny na obrázku. (28)



Obr.6-16 Optimální zorné úhly pro polohu vsedě (vlevo) a ve stoji (vpravo) (29)

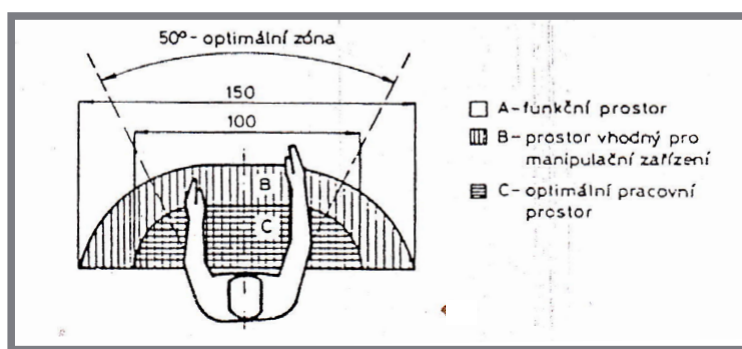


Obr.6-17 Zorné pole (29)

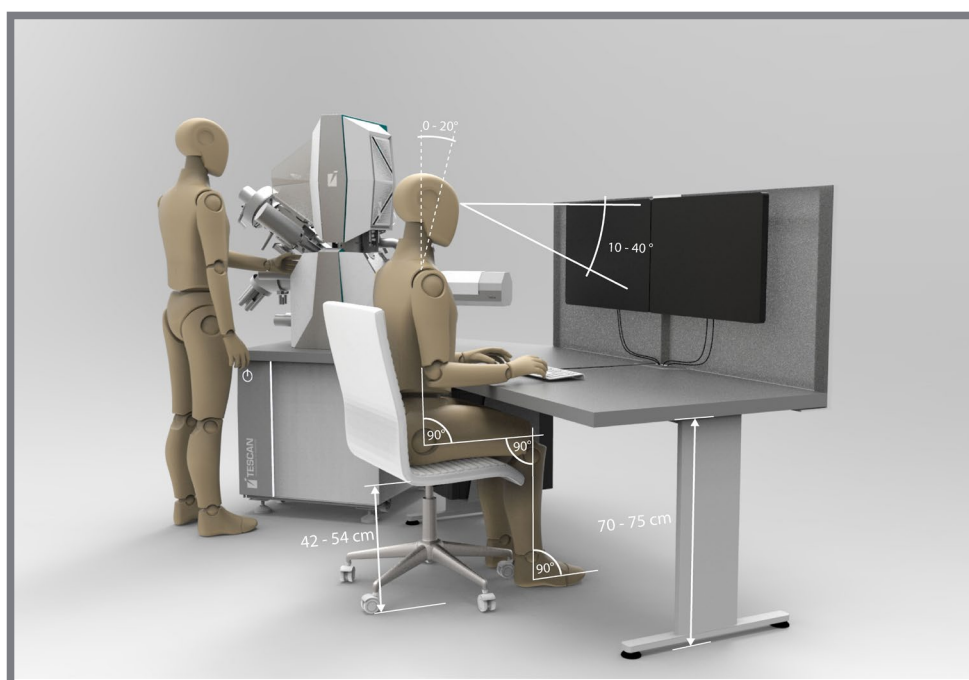
6.6.3 Pracovní poloha

Pracovní poloha operátora významně ovlivňuje namáhavost práce a může přispívat k rozvoji profesně podmíněných nemocí. (23) Jak vyplývá z předchozího textu nejčastější pracovní polohou operátora je sed. Doporučením pro všechny zaměstnavatele operátorů mikroskopických pracovišť je tedy investice do kvalitní ergonomické židle, která umožňuje aktivní sed. Židle by měla umožňovat ideální sed při němž by měla být konkavita krční a bederní páteře stejná jako ve stoji. (22)

Ovladače a ostatní komponenty by se měly nacházet v zóně pracovního prostoru, to je plocha na pracovním stole, kam operátor bez problémů a bez natáčení trupu dosáhne rukama. Tento prostor se dále dělí na optimální pracovní prostor, který vymezuje elipsa ve vzdálenosti 25 cm od přední hrany stolu a šířka 100 cm a širší pracovní prostor, ten opisuje elipsa ve vzdálenosti 50 cm a šířce 150 cm. V užší zóně by se měly nacházet ovládací prvky. Širší zóna by měla sloužit jako odkládací prostor. Pohyb mimo tento prostor je pro tělo namáhavý a mnohdy i nebezpečný. (25)



Obr.6-18 Vymezení pohybového prostoru (29)

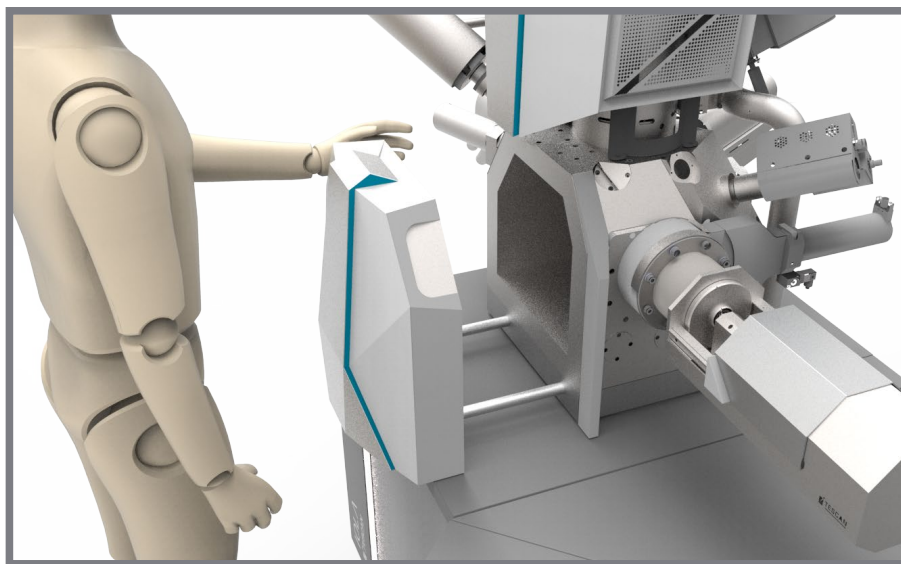


Obr.6-19 Pracovní stůl, ergonomické rozměry

6.6.4 Ergonomie mikroskopu

Mezi nejčastější úkony spojené s obsluhou mikroskopu patří zejména zakládání vzorků do komory mikroskopu a nastavení polohy některých detektorů. Pro snadnější přístup do komory jsou přední dvířka opatřena z obou stran plastovými madly. Otevírání komory je řízeno pomocí softwaru a probíhá pomocí vysunutí předních dvířek. Po umístění držáku vzorku do prostoru komory, je komora zasunuta zatlačením na přední plochu dvířek. Na otočný stolek komory je možno vložit až sedm preparátů najednou. Tím dojde k značné úspoře času. Otevírání mikroskopu totiž zabere několik minut. Nejprve je nutné vypnout chod SEM tubusu, načerpat vzduch do prostoru komory, vyměnit vzorky, po zavření komory vzduch opět odčerpát, počkat na nažhavení katody a kalibraci elektronového paprsku. Madlem je opatřen také externí zakladač. Otevírání zde probíhá dvěma prsty v horizontálním směru.

Dříve byla obsluha mikroskopu spojena s kalibrací přístroje, v dnešní době je tento úkon již řízen automaticky pomocí softwaru. Pro pokročilé uživatele je zde však ponechána možnost manuálního nastavení. Jedná se především o centrování elektronového tubusu, elektronové trysky a stigmátorů. Méně často pak probíhají úkony spojené s údržbou mikroskopu, například výměna světlovodu BSE za CL. Mezi práce vyžadující zásah vyškoleného servisního technika patří výměna Schottkyho katody a některé úkony spojené s údržbou mikroskopu, při nichž musí být sejmут kryt SEM tubusu. Jakákoli manipulace s krytem může být prováděna pouze pověřeným technikem. K pravidelnému servisu přístroje dochází zpravidla jednou ročně. Pokud mikroskop umožňuje práci v režimu nízkého vakua je třeba také měnit tlakovou clonu, která rozděluje prostor mezi komorou a elektronovým tubusem.



Obr.6-20 Výměna preparátů, otevírání komory mikroskopu

Skříň pod mikroskopem je opatřena kolečky pro snadnější transport mikroskopu a výškově regulovatelnými nohama, které umožňují případné vyvážení nerovností

podlahy. Díky nohám je skříň vyvýšena o 10 cm nad podložku, to umožňuje lepší přístup uživatele k přístroji.



Obr.6-21 Spodní část skříně - prostor pro nohy

6.6.5 Rozebírání krytu SEM tubusu

Kryt je řešen tak, aby bylo zajištěno snadné rozebírání krytu jednou osobou (servisním technikem). Oproti stávajícímu řešení od studia Faktum design je totiž kryt rozdělen na menší lehčí segmenty. Firmě tak nevznikají náklady na další pracovní sílu. Při rozebírání krytu jsou nejprve odejmuty boční části, poté střední panel a nakonec nosná konstrukce krytu. Konstrukce je ke komoře mikroskopu ustavena čtyřmi šrouby, stejně tak střední panel krytu.

7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

7

7.1 Barevné řešení

7.1

Barva je element, který má na navrhovaný produkt velký vliv. Zvolené barevné řešení může ovlivnit vnímání hmoty produktu nebo podtrhnout či utlumit tvarové linie.

Lidské oko je schopno na první pohled zpracovat pouze omezené množství barev, tato paleta může čítat až pět barev v závislosti na složitosti použitého designu. (26) Zvolený design čítá značné množství různorodých ploch, proto jsem volila vždy pouze tři základní barvy. Koncepce využívá paletu šedých odstínů, bílé a podnikové barvy společnosti.

Předchozí generace mikroskopů společnosti Tescan se prezentuje kombinací světle zeleného a vínově červeného provedení s bílou. Tyto barvy však nekorespondují s barevnou paletou firmy, nemusí být tedy na první pohled zřejmé, že se jedná o výrobek právě této společnosti.

Barevnost krytu mikroskopu doplňuje přiznané technologické části přístroje z broušené oceli - detektory, komoru. Celkový charakter barevného provedení mikroskopické sestavy byl navržen s ohledem na prostředí, ve kterých se mikroskop vyskytuje. Jak již bylo zmíněno, jedná se o prémiovou řadu mikroskopů. Byly tedy zvoleny takové barvy, které podtrhují dojem luxusu a exkluzivity

7.1.1 Barevné řešení krytu mikroskopu

7.1.1

Povrch středních částí krytu není kolorován a je ponechán ve stavu broušeného hliníku. Hliník je přiznán také na bočních mřížkách krytu. Stříbrné plochy souhlasí se základní barevností technologických prvků. Bílá barva tvoří základní barvu návrhu. Je použita na boční hmoty krytu a dává vyniknout modrému zabarvení ploch z bočních stran středových panelů. Nesaturované světlé odstíny jsou vnímány jako přátelské a profesionální. Sytá modrá barva, která je použita na detailech a boční střední linii slouží k podtržení dynamičnosti návrhu a upoutání pozornosti. (26). Ve finálním návrhu byla použita hlavní podniková barva Tescanu s názvem Azure Blue.

V alternativním barevném návrhu je základní azurově modrá nahrazena další modrou podnikovou barvou s názvem Ice Blue. Alternativní barevnost je též doplněna o tmavé varianty barevného řešení bočních krytů SEM tubusu - azurově modrá v kombinaci s antracitově černou a ledově modrá se světle šedou. Tyto tmavé varianty jsou voleny s ohledem na vyniknutí akcentu modré barvy Tescanu a také s ohledem na zachování dojmu exkluzivity přístroje. (38)

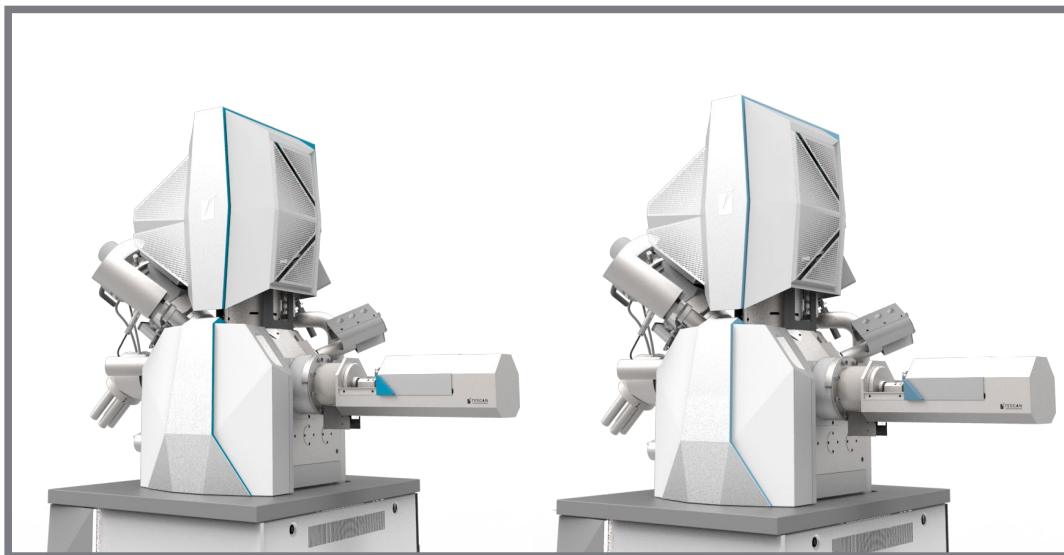
7.1.2 Barevné řešení stolu a skříně pod mikroskopem

7.1.2

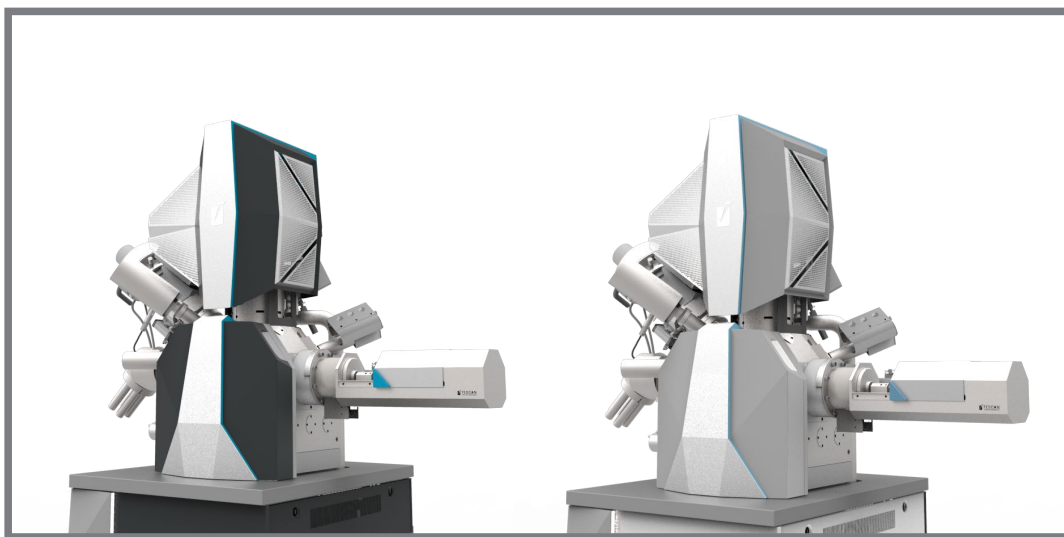
Počítačový stůl je řešen v odstínech šedé. Ocelové části stolu jsou nalakovány šedostříbrnou barvou, která souhlasí s odstínem technologických prvků přístroje. Laminátový povrch pracovního stolu je u všech variant tmavě šedý a stěny skříně světle šedé. Mění se pouze barevné řešení vertikálního pruhu na přední ploše skříně. Je zvoleno co nejjednodušší barevné řešení pracoviště tak, aby byla vizuální pozornost soustředěna na přístroj. Skříň pod mikroskopem je vyhtovena buď v černo-šedé

kombinaci pro antracitovou verzi krytu nebo v bílo-šedé pro ostatní barevné varianty krytů.

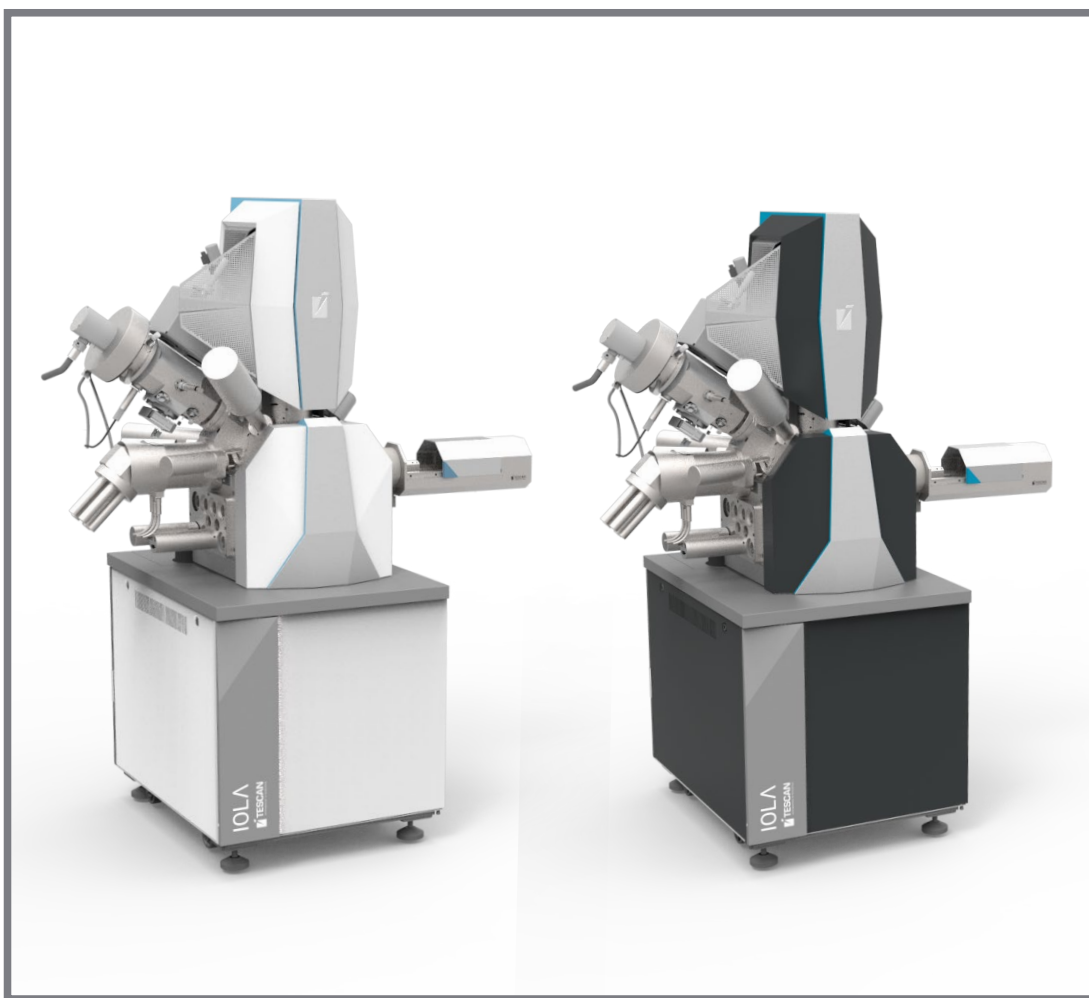
Podsvícená spára a indikátor napájení jsou podsvíceny denní bílou s teplotou 4 000 - 4 500 K. (37) Díky této barvě je minimalizována možnost oslnění obsluhy přístroje.



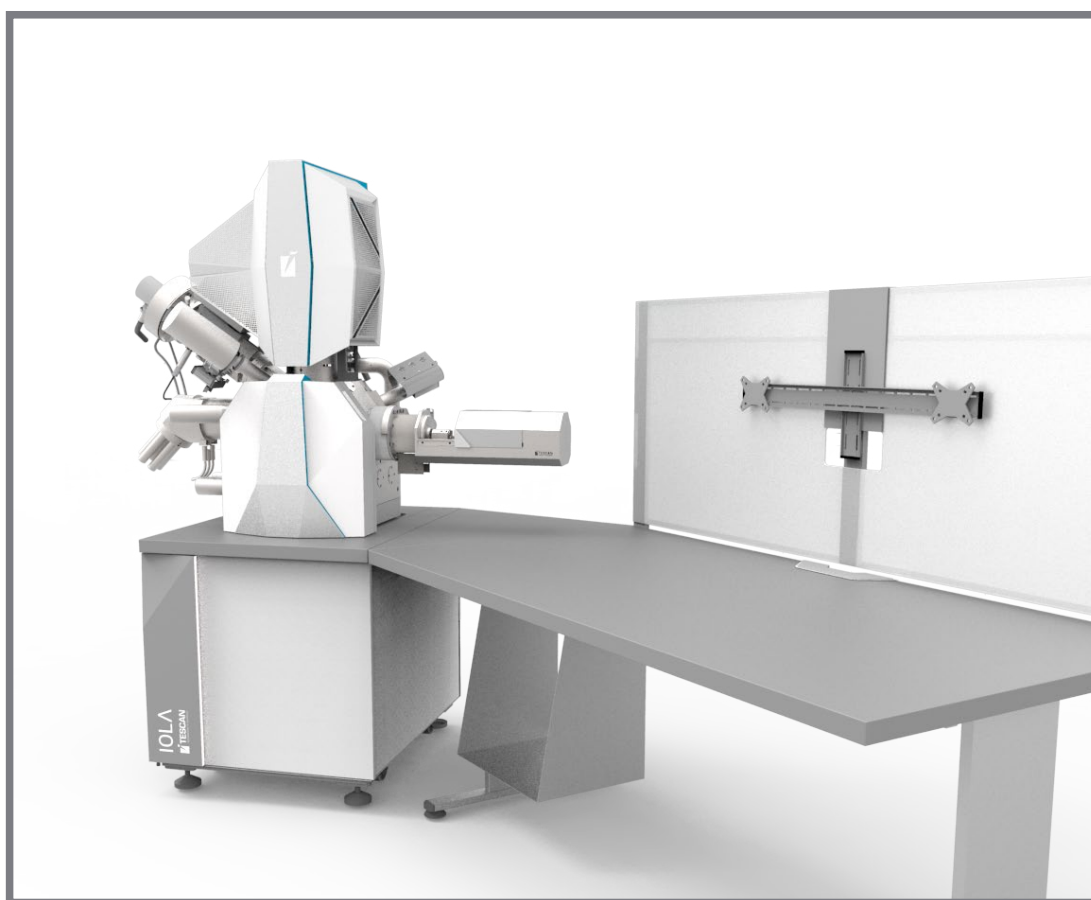
Obr.7-1 Světlé varianty barevného řešení krytu mikroskopu



Obr.7-2 Tmavé varianty barevného řešení krytu mikroskopu



Obr.7-3 Varianty barevného řešení skříně pod mikroskopem



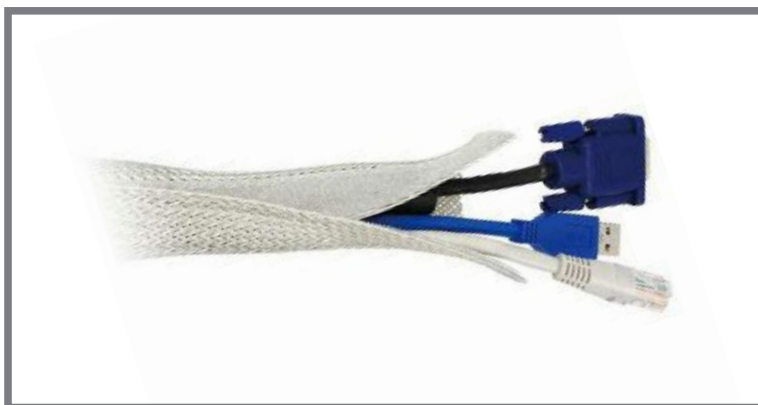
Obr.7-4 Finální barevné řešení mikroskopického pracoviště

7.1.3 Praktické vlastnosti barevného řešení

Na kryty je použita barva s matným finišem, ta má praktický význam zejména kvůli snížení vzniku otisků na povrchu dvířek komory. Tlumené barvy pracovní plochy a světlý matný povrch skleněného panelu byly voleny s ohledem na snížení únavy očí při dlouhodobé práci u počítačové sestavy.

Modře zabarvené plochy by byly vyrobeny pomocí kolorovaných samolepících folií. Požadavky na kvalitu povrchu a výdrž splňují například fólie od společnosti 3MTM s označením Wrap film 1080. Tyto polepy se používají na karoserie automobilů. (39)

Pro sjednocení různých barev kabeláže je doporučeno využít elastických silikonových organizérů kabelů nejlépe v šedé barvě. Díky organizérům se prostor od kabelů opticky vyčistí a zároveň sjednotí



Obr.7-5 Silikonový organizér kabelů (30)

7.2 Grafické řešení

7.2

Mikroskop byl navržen pro existující firmu, grafické řešení tedy vychází z vizuálního stylu společnosti Tescan. Grafické zpracování krytů mikroskopu se zaměřuje především na umístění loga firmy a produktového názvu.

7.2.1 Logotyp řady

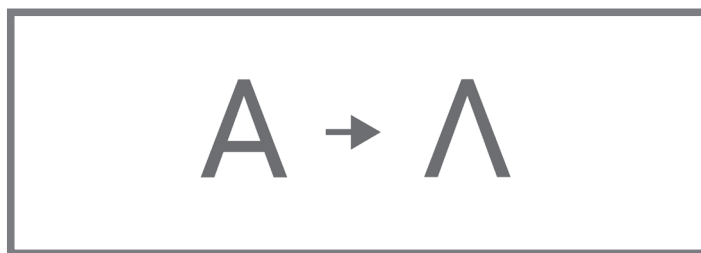
7.2.1

Pro potřeby návrhu byl použit pracovní název řady mikroskopu **Iola**, který byl navržen zadavatelem. Pro vytvoření logotypu byly zvoleny verzálky písma Roboto v obyčejném řezu. Roboto patří do rodiny písem vyvinuté společností Google, jedná se o moderní bezserifové písmo. Logotyp byl vytvořen, tak aby se vizuálně hodil k logu Tescanu. Souznění s logem bylo řešeno volbou podobné tloušťky znaků písma a zvolenými poměrem mezi logotypy.

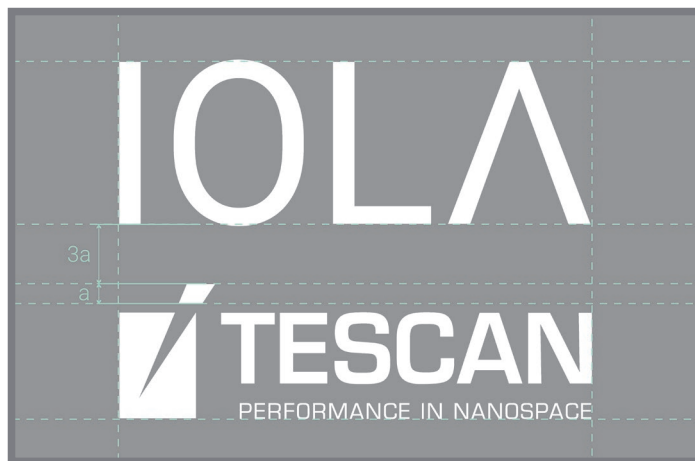
Vynecháním horizontální linky v liteře „A“ přispělo ke zjemnění výrazu logotypu. Čitelnost slova byla zachována.



Obr.7-6 Logo produktové řady



Obr.7-7 Úprava litery „A“ u písma Roboto

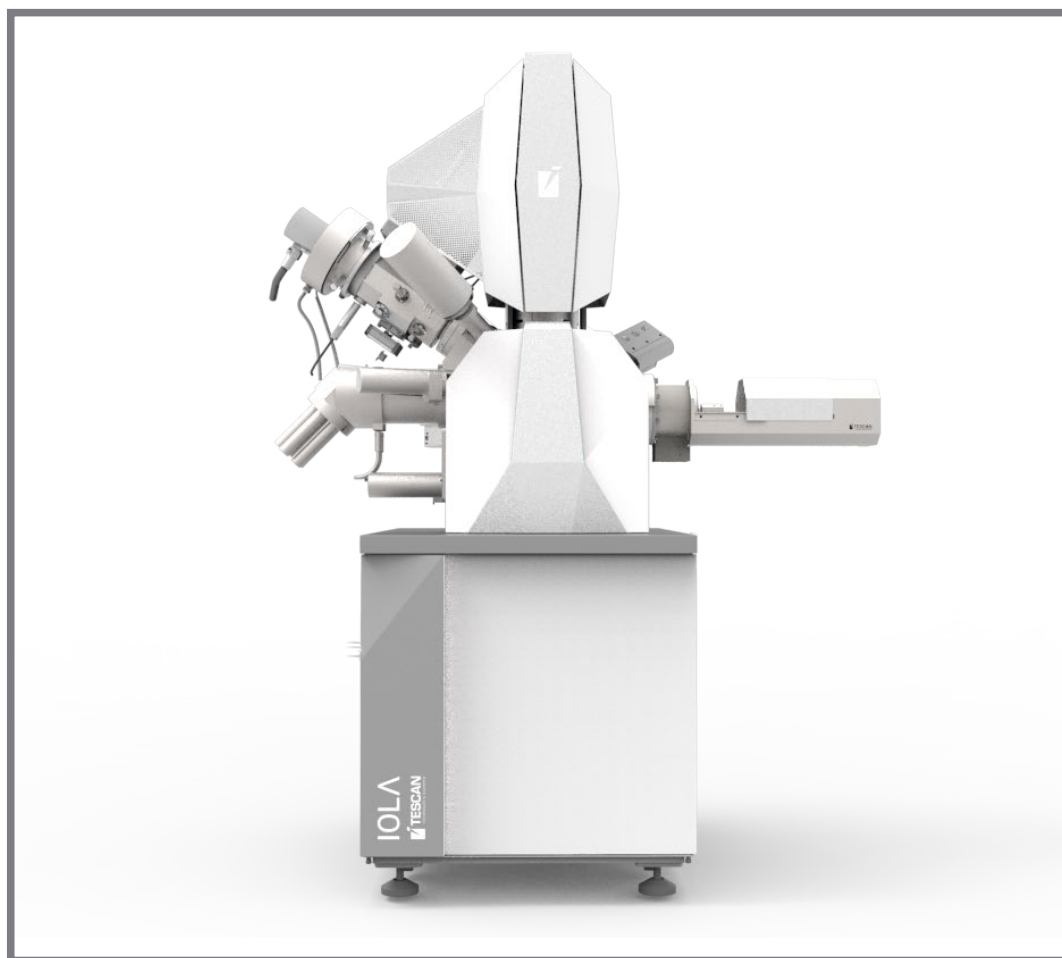


Obr.7-8 Kompozice logotypu Tescanu s logotypem produktové řady Iola

7.2.2 Kompozice grafického řešení

Hlavním grafickým prvkem na těle krytu mikroskopu je vyražené logo firmy na středním panelu SEM tubusu. Znak tvoří centrální motiv krytu a jasně identifikuje příslušnost přístroje k značce. Logo Tescanu má znázorňovat průchod paprsku hmotou, graficky tedy nastiňuje proces který se odehrává uvnitř za krytem přístroje. Drobnou značkou i s logotypem je opatřen také externí zakladač.

Logotypy jsou umístěny vertikálně na levý dílec přední plochy skříně. Viditelné umístění logotypu Tescanu vyplývá ze zadání marketingového oddělení firmy.



Obr.7-9 Kompozice logotypů na skříni pod mikroskopem



Obr.7-10 Detail loga na externím zakladači

8 DISKUZE

Vzhledem k tomu, že řešený design mikroskopu byl navrhován pro reálného zadavatele, vzniklo takové řešení, které vyhovuje současně dostupným technologiím výroby. Byly voleny takové technologie, které nebudou neúměrně prodražovat výrobek. Ačkoli se jedná o velmi drahý přístroj, finanční náklady na výrobu krytů a ostatních komponent by neměly převyšovat několik desítek tisíc.

Oproti výchozímu stavu došlo ke zlepšení v těchto bodech:

- ergonomie:
 - přidáním madel na kryt komory
 - vytvořením krytu, který je možno rozebírat pouze jednou osobou
 - navržením pracovního stolu s vertikálním panelem a polohovatelným držákem monitorů:
 - přidáním trojúhelníkového segmentu na plochu stolu
- vizuální příslušnost produktu ke značce:
 - použitím hlavních podnikových barev v návrhu
 - umístěním značky na dominantní plochu krytu SEM tubusu
 - použité tvarosloví se více koresponduje s geometrickým logem firmy
- konstrukce:
 - vyřešením kolize krytu SEM tubusu se součástmi mikroskopu pomocí polohovatelnosti krytu

Předložené řešení je pojato velmi praktickým způsobem, nedostatkem tedy může být nevyužití zcela nového technologického přístupu a materiálů. Při navrhování jsem přemýšlela také nad možností výroby krytu z elastické syntetické textilie, která by byla připevněna na trubkovou modulovatelnou konstrukci. Tato cesta by mohla vyhovět nárokům na proměnlivost konfigurací mikroskopu. Toto řešení by však s sebou pravděpodobně neslo větší finanční zátěž.

8.1 Estetická hodnota návrhu

Stylistické řešení mikroskopu vychází z inspirace krystalickými formami, jejichž vizuální řeč obsahuje i logotyp výrobce. Byla vytvořena kompozice s výrazným vertikálním hexagonálním motivem.

Kryty maximálně respektují technické parametry mikroskopické soustavy. Navržené opláštění SEM tubusu vytváří z tohoto oddílu dojem dominanty přístroje. Jednotlivé části jsou mezi sebou propojeny na sebe navazujícími křivkami. Této propojenosti jsem se snažila dosáhnout i pokud bude horní kryt různě modulován horizontálním či vertikálním směrem.

8.2 Psychologické aspekty návrhu

Elektronová mikroskopie se stále více přesouvá na pole nevědeckých odvětví. Operátoři již dnes nemusí umět nastavit komplikované vlastnosti přístroje. Velká část je kalibrována a řízena automaticky. Uživatelé stačí znát pouze základní funkce softwaru přístroje. Částečné zakrytí technických částí mikroskopu přispívá k polidštění přístroje a zároveň může pozorovatel obdivovat sofistikovanost technického vybavení. Firma

je hrdá na svou vyvinutou technologii, která mikroskop utváří, nebylo tedy ani cílem všechny tyto součásti zakrývat, ale pouze opticky propojit oddělené hmoty.

Zvolené materiály, vertikální podsvícení skříně a precizní zpracování podtrhují exkluzivní dojem z přístroje. O nákupu mikroskopu většinou rozhodují lidé z vedení společnosti, která přístroj pořizuje. Ne vždy se nutně musí jednat o zákazníky zabývající se elektronovou mikroskopií. Design výrobku se tedy může stát jednou z rozhodujících vlastností přístroje při výběru produktů.

8.3 Sociální funkce návrhu

8.3

Mikroskop je specializované zařízení na velmi přesné měření, řešení sociálních aspektů nebylo primárním zaměřením práce pokud je mikroskop součástí větší laboratoře typu open space, kde se nachází větší počet pracovišť, může vertikální panel stolu přispívat k pocitu většího soukromí.

8.4 Ekonomické aspekty

8.4

Je předpoklad, že firma Tescan prodá několik desítek kusů přístrojů Iola ročně. Vzniklý design je do jisté míry modulovatelný, může být tak použit i pro potřeby jiných řad mikroskopů. Jednotlivé části mikroskopické soustavy jsou navrženy s ohledem na malosériovou výrobu, tak aby cena nebyla navyšována o náklady na formy nebo kopyta. Hliníkové plechy sice patří k finančně náročnějším materiálům, avšak cena je vyváжена exkluzivním vzhledem materiálu. Pracovní stůl je vyřešen co nejjednodušším způsobem, tak aby jej bylo možno levně sériově vyrábět nebo na některé jeho části využít komponenty, které se současně vyrábí.

8.5 Marketingová studie

8.5

Tento diplomový projekt vychází z přístroje navrženého společností Tescan. V následující přehledu proto popisují marketingovou strategii právě této společnosti. Firma **Tescan** se roku 1991 transformovala z bývalé Tesly a těžiště svého zájmu směřuje především na skenovací elektronové mikroskopy.

Pro sestavení analýzy využívám sekundárního výzkumu, tzn. využití již existujících, dostupných informací. (14)

8.5.1 Analýza tržních příležitostí

8.5.1

Společnost Tescan je jedním z globálních dodavatelů vědeckých přístrojů. Svou pověst a značku buduje v oblasti navrhování a výroby rastrovací elektronové mikroskopie a systémových řešení pro různé aplikace.

Zákazník

Technologie elektronových mikroskopů je využívána v celé řadě průmyslů. Aktuální portfolio největších zákazníků Tescanu je k nalezení na webových stránkách společnosti (www.tescan.com). Mezi hlavní klienty patří nadnárodní společnosti disponující vývojovými centry a výzkumný a univerzitní sektor. Z hlediska růstovosti trhu je nejvýhodnější zaměřit pozornost na potřeby prosperujících mezinárodních společností, které tvoří nejširší část cílových zákazníků.

Konkurenční faktory

Roku 1950 se A. Delongovi na půdě brněnského výzkumného ústavu podařilo sestrojít první funkční transmisní elektronový mikroskop. Díky němu je Česká Republika jedním z několika málo států, které disponují znalostmi a potřebnou technologií ke zkonstruování elektronového mikroskopu. (5) V současnosti se dá Brno považovat za světovou velmoc elektronové mikroskopie. (6) Spolu s Tescanem se zde nachází také konkurenční firma **FEI**, která vznikla sloučením části bývalé Tesly a společnosti Siemens a firma **Delong instruments** založena A. Delongem, která se zaměřuje především na nízkonapěťové environmentální skenovací elektronové mikroskopy, ty slouží především ke zkoumání biologických vzorků. ⁷ Brněnského výrobce mikroskopů FEI v roce 2016 zakoupila za 101 miliard korun americká společnost Thermo Fisher Scientific. Sídlo společnosti má tedy FEI v USA, avšak výzkumná centra se nacházejí stále v Brně. (32)

Trh prodeje

Trh elektronových mikroskopů je rozdělen na **globální** a **japonský** trh se specifickými potřebami. Na japonský trh se orientují především společnosti Hitachi a JEOL. Největšími konkurenty Tescanu jsou proto spíše evropské společnosti s celosvětovým významem jako je FEI či Carl-Zeiss. Obě zmíněné firmy mají typově bohatší portfolio než Tescan. Nabízí široký výběr skenovacích a transmisních elektronových mikroskopů a přídatných zařízení.

Společnost Carl-Zeiss se navíc věnuje také vývoji a výrobě fotografických a kinematografických objektivů, specializovaných lékařských technologií, zobrazovacích technologií pro planetária či přesných měřících přístrojů. (15)

8.5.2 Podnikatelská strategie

Filozofie společnosti

Základní marketingovou filozofií Tescanu je zajištění nejvyšší možné kvality a spolehlivosti výrobků. Firma disponuje pokročilým informačním systémem pro procesy optimalizace, nejvyšší úrovní technologie zařízení a systému řízení jakosti tímto se snaží splnit očekávání zákazníků ohledně kvality, ceny a dodávky. (10)

Hodnocení zdrojů společnosti

Společnost disponuje vlastním vývojovým a výrobním střediskem se sídlem v Brně. Prodejní centra jsou strategicky rozmístěna na všech světových kontinentech. Silné zázemí poskytuje Tescanu dobrou pozici pro získání vedoucí pozice na trhu.

„V každém oboru snižuje konkurenční boj výnosnost vloženého kapitálu. Jestliže má být dosaženo vysoké výnosnosti, pak je zpravidla třeba přikládat další kapitál.“ (13) Pokud chce tedy daná společnost udržet krok s konkurencí, musí vkládat prostředky na efektivní vývoj produktu.

Portfolio výrobků

Společnost Tescan se zaměřuje především na výrobu a vývoj skenovacích elektronových mikroskopů a těchto mikroskopů doplněných o iontový tubus. Dále také nalezneme v portfoliu výrobků optický holografický mikroskop a řadu přídatných zařízení a detektorů. Většina prodaných výrobků je nakonfigurována přímo pro specifické potřeby zákazníka.

8.5.3 Marketingová strategie

Vlastnosti produktu

Navrhovaný mikroskop by měl patřit do té nejvyšší cenové hladiny. Měl by tedy být kladen důraz na to, aby z designu na první pohled vyplývalo, že jde o prémiový produkt. Vzhledem k zaměření přístroje na specializovanou cílovou skupinu, by měl tento produkt zaujmout nejen poutavým designem, ale také promyšlenou ergonomií. Zakoupený přístroj musí vydržet precizní provoz minimálně 10 let. Během této doby dochází k pravidelnému servisování ze strany výrobce. Při tvorbě designu je proto nutné brát na tuto skutečnost zřetel. Navrhnout styl přístroje tak, aby zbytečně nepodléhal dočasným trendům, ale aby působil nadčasově.

Kromě vysoké pořizovací ceny patří mezi nevýhody také speciální nároky na vybavení laboratoře vakuovým systémem. Dále jsou přístroje náchylné na stabilitu napájecích zdrojů, vibrace okolí nebo na magnetické pole v okolí mikroskopu. Další možnou nevýhodou může být případná komplikovanost softwaru, který mikroskop ovládá. Tento software je navržen přímo výrobcem. V případě potřeby je tedy pro klienty zajištěna telefonická podpora.

Popis ekonomické situace firmy a cenová úroveň produktů

Tescan má na svém kontě již přes 2000 nainstalovaných přístrojů v 77 zemích světa. V současné době lze nejlevnější mikroskop od Tescanu pořídit za 2 milióny korun a za ten nejdražší přístroj by zákazník zaplatil 23 miliónů korun. (9) Cena je ovlivněna prestiží výrobce, náklady na materiál, výrobu a vývoj technologií a nových modelů. SEM/FIB mikroskopy konkurenčních výrobců lze pořídit řádově od několika set tisíc Euro za základní systém až po několik miliónů Euro za plně vybavenou konfiguraci. (20)

Distribuce produktů

Podnik prodává své produkty přímo koncovému spotřebiteli. Distribuce produktů tedy probíhá přímou cestou. Motivací ke koupi elektronového mikroskopu je často investice do vývoje nakupujícího subjektu.

Podpora prodeje

Jedná se o vysoce sofistikované přístroje s vysokou finanční náročností, proto nedochází k nákupu mikroskopů tak často jako u spotřební elektroniky. Pravidelný servis přístroje může mimo jiné přispívat k bližším vazbám se zákazníky. Zde vidím potenciál případné nabídky dalšího příslušenství, jako doplňkového zdroje tržeb.

SWOT analýza

„SWOT analýza je univerzální analytická technika zaměřená na zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících úspěšnost organizace nebo nějakého konkrétního záměru (například nového produktu či služby). Nejčastěji je SWOT analýza používána jako situační analýza v rámci strategického řízení.“ (12)

	POMOCNÉ	ŠKODLIVÉ
VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	Silné stránky S <ul style="list-style-type: none">• technologické know-how• vysoká spolehlivost výrobků• možnost nanoobrábění	Slabé stránky W <ul style="list-style-type: none">• vysoká pořizovací cena• neatraktivní design výrobků• vysoké náklady na vývoj produktů
VNĚJŠÍ PROSTŘEDÍ	Příležitosti O <ul style="list-style-type: none">• granty a dotace• rozvoj nanoprůmyslu• vývojový a výzkumný sektor	Hrozby T <ul style="list-style-type: none">• malosériová výroba• opoždění ve vývoji oproti konkurenci

Obr.8-1 SWOT analýza

ZÁVĚR

Diplomová práce vychází z poznatků získaných při rešeršních studiích a při konzultacích s odborníky během návštěvy výzkumných laboratoří firmy Tescan Orsay Holding a.s.. Při navrhování byly dílčí výsledky konzultovány jak s vedoucím práce, tak s konstruktéry mikroskopů. Na základě zjištěných informací byly na stávajícím elektronovém mikroskopu identifikovány klíčové body řešení.

Bylo zjištěno, že při chodu SEM tubusu dochází k jeho zahřívání. Odvětrávání je vyřešeno perforací bočních částí, větranou mezerou mezi jednotlivými panely krytu a zvoleným materiálem krytu.

Cílem bylo navrhnout takový design, který bude co možná nejvíce kompaktní a zároveň nebude omezující, co se týče zařízení připojených na komoru.

Tento cíl byl splněn navržením polohovatelného krytu s výklopnými dvířky, které umožňují skrýt iontový tubus a vytváří tak ucelenější dojem z přístroje. Navržený kryt by měl tvořit základ pro novou produktovou řadu. Je tedy možné, že se vyskytne konfigurace mikroskopu bez iontového tubusu. V tomto případě by byl postranní kryt uzavřen. Společnosti by tak v budoucnu nevznikaly náklady na výrobu dalších krytů.

Návrh jasně určuje příslušnost produktu k firmě Tescan. Vizuální identita produktu je řešena vhodným umístěním logotypů a značek a použitím podnikových barev na dynamické linii z boku přední části krytu. Vizuální identita a konzistence návrhu je zachována i po připojení uživatelských zařízení, kamer, detektorů a dalších součástí.

Díky použitým materiálům, barevnosti a podsvícením spáry na přední ploše skříně se podařilo dodržet požadavek na exkluzivní vzhled přístroje.

Ergonomie mikroskopu byla zlepšena přidáním madel na část komory a externího zakladače a možností rozebíratelnosti krytu za pomoci jedné osoby. K počítačovému pracovišti byl navržen zadní panel s nastavitelným držákem monitorů. Řešeno bylo také vedení kabeláže a její barevné sjednocení se soustavou. Díky možnosti vložení trojúhelníkového segmentu mezi skřín mikroskopu a pracovní stůl, nezasahuje externí zakladač do pracovního prostoru operátora.

Ke zlepšení oproti výchozímu stavu došlo v oblasti ergonomie, konstrukce a vizuálního propojení produktu se značkou. Blíže jsou tato zlepšení popsána v diskuzi.

Finální řešení splňuje ergonomická kritéria a technologické požadavky na provoz přístroje. Cíle vyplývající ze zadání práce se podařilo splnit.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) KREMER, Bruno P. *Mikroskop zcela jednoduše: preparace, barvení i digitální mikrofotografie krok za krokem*. Praha: Aventinum, 2013. Fotografické atlasy. ISBN 978-80-7151-372-8, s. 11-18
- (2) Ústav přístrojové techniky AV ČR [online]. [cit.2016-04-20]. Dostupné z: http://www.isibrno.cz/index.php?lang=_cz&co=/ustav/history.php&nalogovan=&id_druh_menu=3&Nerolovat=1&v=1
- (3) MontyRich, *Podnikání* [online]. c2016 [cit.2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.montyrich.cz/novinky/podnikani/2470-mikroskopy-za-miliony-dolaru-vyrobce-hledejte-v-brne>
- (4) Katedra experimentální fyziky a nanomateriálů, Univerzita Palackého v Olomouci, *Elektronová mikroskopie* [online]. [cit.2016-04-25]. Dostupné z: <https://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/elmikro.pdf>
- (5) Delong instruments [online]. c2016 [cit.2016-05-11]. Dostupné z: <http://dicomps.com/cs/>
- (6) Tescan, *Performance in nanospace* [online]. [cit.2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.tescan.com/cz>
- (7) Aplikační laboratoře mikrotechnologií a nanotechnologií, *Elektronová mikroskopie*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://alisi.isibrno.cz/elektronova-mikroskopie>
- (8) Tescan, *Performance in nanospace* [online]. [cit.2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.tescan.com/cz/produkty>
- (9) Tescan, *Performance in nanospace* [online]. [cit.2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.tescan.com/cz/napsali-o-nas/z-brna-az-na-konec-sveta-miri-mikroskopy-od-tescanu>
- (10) Faktum design, *Portfolio*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.faktumdesign.cz/portfolio/cz/elektronovy-mikroskop-xm>
- (11) Ústav přístrojové techniky, Akademie věd České Republiky, *Výzkum*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: https://www.isibrno.cz/index.php?lang=_an&co=/ustav/history.php&nalogovan=&id_druh_menu=3&Nerolovat=1&v=1
- (12) Managementmania, *SWOT*, [online]. [cit. 2016-11-09]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>
- (13) KALKA, R. a MÄSEN A. *Marketing*. Praha: Grada, 2004, 112 s. ISBN 80-247-0413-7., s. 35

- (14) KALKA, R. a MÄSEN A. Marketing. Praha: Grada, 2004, 112 s. ISBN 80-247-0413-7., s. 27
- (15) Zeiss. *Microscopes Product Portfolio*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.zeiss.com/microscopy/int/products.html>
- (16) PTÁČEK, Luděk. Nauka o materiálu I. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-7204-193-2. s.193
- (17) Společná laboratoř optiky, Univerzita Palackého v Olomouci a Fyzikálního ústavu AV ČR, *Elektronová mikroskopie transmisní a rastrovací*, [online]. [cit. 2016-11-09]. Dostupné z: http://jointlab.upol.cz/soubusta/OSYS/El_mikr/El_mikr.html
- (18) Laboratoř mikroskopie atomárních sil, Univerzita Palackého v Olomouci, *Transmisní elektronová mikroskopie* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://atmilab.upol.cz/texty/TEM-teorie.pdf>
- (19) Katedra experimentální fyziky a nanomateriálů, Univerzita Palackého v Olomouci, *Elektronová mikroskopie* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/elmikro.pdf>
- (20) Fyzikální ústav AV ČR, *Mikroobrábění fokusovaným iontovým svazkem* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.fzu.cz/popularizace/mikroobrabeni-fokusovany-iontovym-svazkem>
- (21) Hitachi - Inspire the Next, *Products and Services* [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: http://www.hitachi-hightech.com/eu/product_detail/?pn=em-nb5000
- (22) VYSKOTOVÁ, Jana. *Ergonomie pro zdravotnické pracovníky*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2011. 75 s. ISBN 978-80-7368-836-3.
- (23) JIRÁK, Zdeněk a Bohumil VAŠINA. *Fyziologie a psychologie práce*. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2005. ISBN 80-7368-107-2., s. 53
- (24) ČSN EN ISO 9241: *Ergonomické požadavky na kancelářské práce se zobrazovacími terminály, Požadavky na uspořádání pracovního místa a na pracovní polohu*. Praha: ICS, 1999.
- (25) Škola zad, *Pracovní sektor*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.mariezemankova.cz/blog/pracovni-sektor-aneb-postavte-se-k-praci-celem/>
- (26) LIDWELL, William, Kritina HOLDEN a Jill BUTLER. *Univerzální principy designu: 125 způsobů jak zvýšit použitelnost a přitažlivost a ovlivnit vnímání designu*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 272 s. ISBN 9788025135402.

- (27) FEI, High Performance in Microscopy. *Materials science*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.fei.com/Materials-Science/Chemistry-for-Materials/>
- (28) CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 2. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 173 s. ISBN 978-80-01-03802-4.
- (29) KRÁL, Miroslav. *Ergonomie a její užití v technické praxi*. 1. vydání. Ostrava: AKS spol s r.o., 1994, 106 s. ISBN 80-85798-35-7
- (30) Mader. *Komponenty*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.mader.cz/logilink-elasticky-organizer-kabelu-sedy>
- (31) Eles+ganter. *Produkty*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.elesa-ganter.cz/vyrobky/panty/skupina/gn-437>
- (32) deník.cz. *Regiony*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.denik.cz/ekonomika/vyrobce-mikroskopu-fei-koupila-firma-z-usa-thermo-fisher-20160923.html>
- (33) Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i.. [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.fzu.cz/popularizace/elektronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
- (34) University of Cambridge. *News*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.eng.cam.ac.uk/news/engineering-s-unexpected-and-microscopic-beauty>
- (35) Imaging and Microscopy. *News*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.imaging-git.com/products/scanning-probe-microscopy>
- (36) Zeiss International. *Products*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <http://www.zeiss.com/microscopy/int/products/multiple-ion-beam/orion-nanofab-for-materials.html>
- (37) Led pásy. *LEDsviti.cz*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: <https://www.ledsviti.cz/led-paska-20w-m-bez-kryti-denni-bila-4000-4500k/>
- (38) Tescan, *Design manual*, version 1.0.5, Brno
- (39) 3M. *Colored wrap films*, [online]. [cit. 2017-05-04]. Dostupné z: http://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/All-3M-Products/Commercial-Solutions/Graphics-Signage/Signs-Displays/Films-and-Substrates/Colored-Films/Colored-Wrap-Films/?N=5002385+8709314+8709363+8710674+8711017+8718947+8719039+8729400+3294857497&rt=r3

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.2-1	(Vlevo) První skenovací mikroskop (34), (Vpravo) Prozařovací elektronový mikroskop (TEM), 1931, (33)	17
Obr.2-2	TESLA BS241 (1951) (2)	17
Obr.2-3	Model LYRA, Tescan (8)	18
Obr.2-4	Model MIRA, Tescan (8), Model VEGA, Tescan (8)	19
Obr.2-5	Carl-ZEISS model ORION no Fab (36)	20
Obr.2-6	Carl ZEISS, model SIGMA (35)	20
Obr.2-7	(Vlevo) Verios, FEI (27), (Vpravo) TITAN, FEI (27)	21
Obr.2-8	Hitachi NB5000 (21)	22
Obr.2-9	Srovnání užitých vlastností jednotlivých typů mikroskopů (17)	24
Obr.2-10	Interakce elektronů s preparátem 16	24
Obr.2-11	Rozlišovací schopnost a zvětšení u jednotlivých typů mikroskopů (17)	25
Obr.2-12	Schéma TEM mikroskopu (17)	26
Obr.2-13	Schéma SEM tubusu s komorou (16)	27
Obr.2-14	Schéma dvousvazkového mikroskopu	28
Obr.2-15	Schéma FIB tubusu (20)	28
Obr.4-1	Moodboard	31
Obr.4-2	Cesty možných přístupů - myšlenková mapa	32
Obr.4-3	Varianta 1 - perspektivní pohled	33
Obr.4-4	Varianta 1 - přední pohled	33
Obr.4-5	Varianta 2 perspektivní pohled	34
Obr.4-6	Varianta 2 - perspektivní pohled	34
Obr.4-7	Varianta 3 - perspektivní pohled	35
Obr.4-8	Varianta 3 - boční pohled detail	35
Obr.5-1	Finální varianta boční pohled na kryt SEM tubusu s komorou	37
Obr.5-2	Finální varianta perspektivní pohled	37
Obr.5-3	Perforovaná mřížka typ 1	38
Obr.5-4	Otvírání části bočního krytu	39
Obr.5-5	Perforovaná mřížka typ 2	39
Obr.5-6	Komora bez krytu a komora s krytem	40
Obr.5-7	Externí zakladač	40
Obr.5-8	Finální tvarové řešení s ergonem bez boční mřížky	41
Obr.5-9	Mikroskopické pracoviště s počítačovým hardwarem	41
Obr.6-1	Odkrytovaný mikroskop s detektory - přední podled	44
Obr.6-2	Odkrytovaný mikroskop s detektory - zadní podled	44
Obr.6-3	Rozmístění součástí SEM-FIB mikroskopického pracoviště, rozměry v mm	45
Obr.6-4	Nosná konstrukce krytu SEM tubusu	46
Obr.6-5	Části krytu SEM tubusu	47
Obr.6-6	Konstrukce pantů s nastavitelným třením (31)	48
Obr.6-7	Umístění pantů	48
Obr.6-8	Rozložený kryt komory	49
Obr.6-9	Součásti krytu externího zakladače	49
Obr.6-10	Konstrukce technické skříně	50
Obr.6-11	Konstrukce stolu	51
Obr.6-12	Konstrukce zdního panelu	52

Obr.6-13	Konstrukce držáku monitorů	52
Obr.6-14	Rozměry přístroje a pracoviště operátora v mm	53
Obr.6-15	Modulace stolu	54
Obr.6-16	Optimální zorné úhly pro polohu vsedě (vlevo) a ve stoji (vpravo)	55
(29)		55
Obr.6-17	Zorné pole (29)	55
Obr.6-18	Pracovní stůl, ergonomické rozměry	56
Obr.6-19	Vymezení pohybového prostoru (29)	56
Obr.6-20	Výměna preparátů, otevírání komory mikroskopu	57
Obr.6-21	Spodní část skříně - prostor pro nohy	58
Obr.7-1	Světlé varianty barevného řešení krytu mikroskopu	60
Obr.7-2	Tmavé varianty barevného řešení krytu mikroskopu	60
Obr.7-3	Varianty barevného řešení skříně pod mikroskopem	61
Obr.7-4	Finální barevné řešení mikroskopického pracoviště	62
Obr.7-5	Silikonový organizér kabelů (30)	63
Obr.7-6	Logo produktové řady	63
Obr.7-7	Úprava litery „A“ u písma Roboto	64
Obr.7-8	Kompozice logotypu Tescanu s logotypem produktové řady Iola	64
Obr.7-9	Kompozice logotypů na skříně pod mikroskopem	65
Obr.7-10	Detail loga na externím zakladači	65
Obr.8-1	SWOT analýza	70

SEZNAM PŘÍLOH

Postery (A1)

Model (1:3)

Předběžné návrhy posterů (A4) – vložená příloha

Fotografie koncepčních modelů – vložená příloha

Fotografie výroby finálního modelu – vložená příloha

IOLA

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU

Diplomová práce se zabývá designem skenovacího elektronového mikroskopu s fokusovaným iontovým svazkem pro společnost Tescan Orsay Holding a.s.. Navržené lomené plochy krytu jsou inspirovány krystalickými strukturami, jež nezakrytovaný přístroj vizuálně připomíná. Čás krytu skenovacího elektronového tubusu a krytu komory na vzorky je vizuálně propojena pomocí středového panelu z broušeného hliníku. Celku dodává dynamičnost postranní linie v modrých podnikových barvách.



BAREVNÉ VARIANTY



T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

**ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ**

**odbor
průmyslového
designu**

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU / DIPLOMOVÁ PRÁCE /
Autor: Bc. Anna Švajdová / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D./
VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2016/17 / Designérský poster

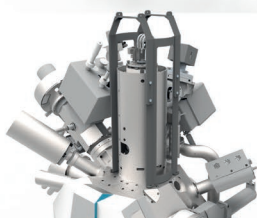
IOLA

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU

ČÁSTI KRYTU SEM TUBUSU



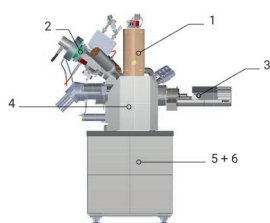
NOSNÁ KONSTRUKCE KRYTU SEM TUBUSU



ČÁSTI KRYTU KOMORY



TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ PŘÍSTROJE (Tescan)

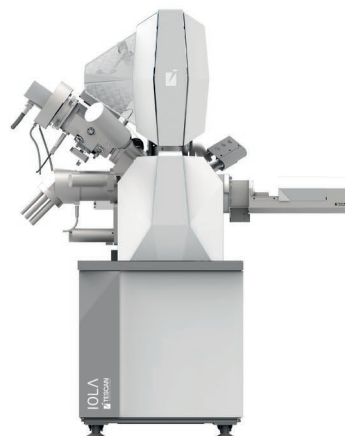


1. SEM tubus
2. FIB tubus (zásobník Ga, wolframová jehla a extrakční elektroda)
3. Externí zakladač (load-lock)
4. Vakuová komora se stolem pro umístění a polohování vzorku a přístroji pro materiálovou analýzu
5. Vakuový systém
6. Řídicí elektronika (AD/DA převodníky, PC, ovládací hardware a software včetně uživatelského rozhraní)

T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

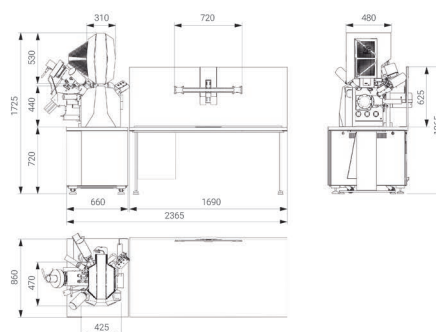


NOSNÁ KONSTRUKCE KRYTU SEM TUBUSU



1. Držák monitorů
2. Držák PC
3. Antivibrační prvky
4. Přední kryt skříně s led podsvícením

Technologická část mikroskopu je navržena společností Tescan Orsay Holding a.s. Na realistický počítačový 3D model mikroskopu byly navrženy kryty. Vrchní kryt SEM tubusu je umístěn na nosné konstrukci přimontované ke na vrchní plochu komory. Konstrukce umožňuje polohování krytu vertikálním a horizontálním směrem. Potřeba polohovatelnosti krytu byla kvůli připojování různých detektorů a kamer na komoru. Kryt SEM tubusu se skládá ze tří částí, tak aby jeho demontování zvládla jedna osoba. Při chodu tubusu dochází k jeho zahřívání, kryt je tedy opatřen pasivním systémem odvětrávání v podobě větrané mezery mezi částmi krytu a perforací na otevíratelných dvířkách z boku. Krování mikroskopu je vyrobeno z ohybných hliníkových plechů. Kryt předních dvířek komory je navíc opatřen plastovými díly s madly. Na přední ploše skříně pod mikroskopem se nachází linie s LED podsvícenou mezerou, která signalizuje provoz mikroskopu.

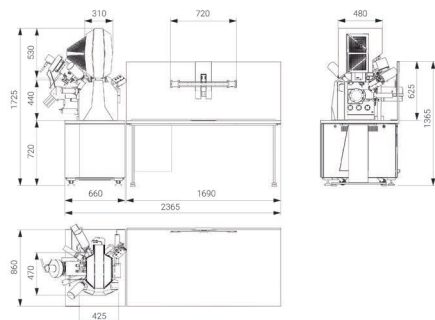


DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU / DIPLOMOVÁ PRÁCE /
Autor: Bc. Anna Švajdová / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D./
VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2016/17 / Technický poster

IOLA

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU

ZÁKLADNÍ ROZMĚRY V MILIMETRECH



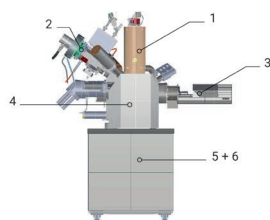
Diplomová práce se zabývá designem skenovacího elektronového mikroskopu s fokusovaným iontovým svazkem pro společnost Tescan Orsay Holding a.s. Navržené lomené plochy krytu jsou inspirovány krystalickými strukturami, jež nezakrytovaný přístroj vizuálně připomíná.

Kryt je složen z několika částí. Přední masky, těla krytu obalujícího tubus a postranních mřížek, které se starají o pasivní větrání stěmu. Ústředním motivem je hexagonální maska ve střední části. Uprostřed masky je umístěn prolis loga. Motiv hexagonu se objevuje také na boční perforované mřížce. Kvůli větší dynamice a celkovému odlehčení návrhu hexagony zmenšují svůj průměr směrem od střední linie k vrchnímu a spodnímu okraji. Jsou zde dva typy mřížek. Jedna je jednoduchá pouze s perforací. Tento typ je vhodný pokud k mikroskopu není připojen iontový tubus, který zasahuje do oblasti krytu pro SEM tubus.

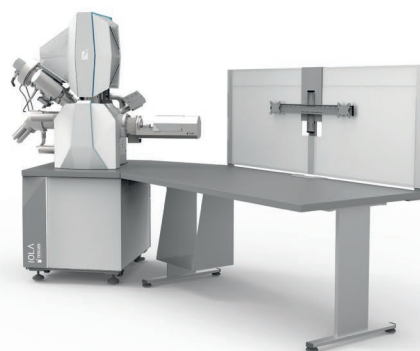
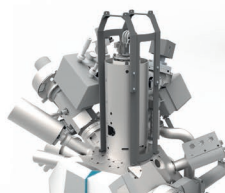
Ergonomie mikroskopu byla zlepšena přidáním model na část komory a externího základáče a možnosti rozebiratelnosti krytu a pomocí jedné osoby. K počítačovému pracovišti byl navržen zadní panel s nastavitelným držákem monitorů. Řešeno bylo také vedení kabeláže a její optické sjednocení se soustavou. Díky možnosti vložení trojúhelníkového segmentu mezi skřín mikroskopu a pracovní stůl, nezasahuje externí základáč do pracovního prostoru operátora.



TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ PŘÍSTROJE (Tescan)



1. SEM tubus
2. FIB tubus (zásobník Ga, wolframová jehla a extrakční elektroda)
3. Externí základáč (load-lock)
4. Vakuová komora se stolem pro umístění a polohování vzorku a přístroji pro materiálovou analýzu
5. Vakuový systém
6. Řídicí elektronika (AD/DA převodníky, PC, ovládací hardware a software včetně uživatelského rozhraní).



T VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

odbor
průmyslového
designu

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU / DIPLOMOVÁ PRÁCE /
Autor: Bc. Anna Švajdová / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D./
VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2016/17 / Sumarizační poster

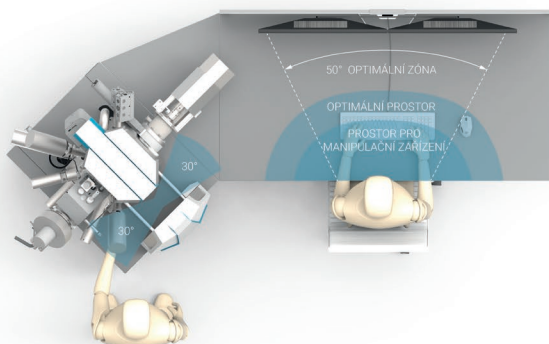
IOLA

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU

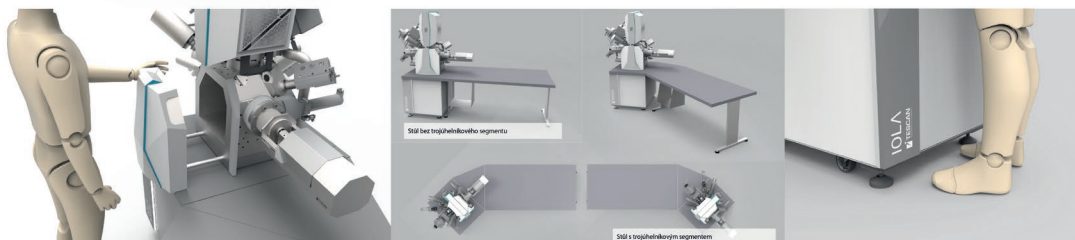
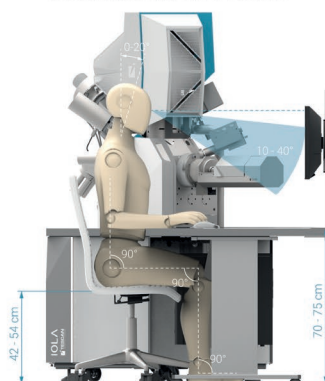
Ergonomie mikroskopu byla zlepšena přidáním modelů na část komory a externího základce a možností rozebíratelnosti krytu za pomoci jedné osoby. K počítačovému pracovišti byl navržen zadní panel s nastavitelným držákem monitorů. Řešeno bylo také vedení kabeláže a její optické sjednocení se soustavou. Díky možnosti vložení trojúhelníkového segmentu mezi skříní mikroskopu a pracovní stůl, nezasahuje externí základce do pracovního prostoru operátora.



VYMEZENÍ POHYBOVÉHO PROSTORU



ERGONOMICKÉ ROZMĚRY PRO SED



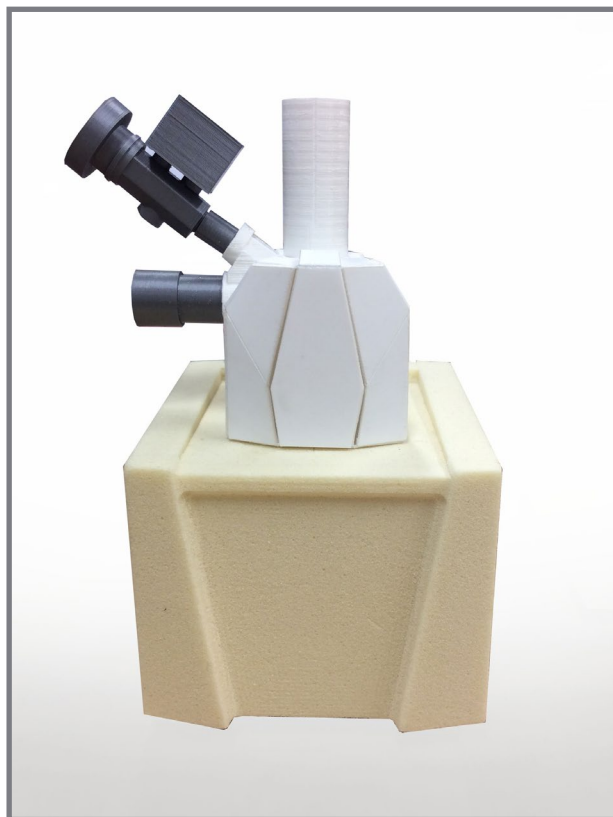
T VYSOKÉ UČENÍ | FAKULTA
TECHNICKÉ STROJNÍHO
V BRNĚ | INŽENÝRSTVÍ

**ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ**

**odbor
průmyslového
designu**

DESIGN ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU / DIPLOMOVÁ PRÁCE /
Autor: Bc. Anna Švajdová / Vedoucí práce: Ing. David Škaroupka, Ph.D./
VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2016/17 / Ergonomický poster

FOTOGRAFIE KONCEPČNÍCH MODELŮ



FOTOGRAFIE VÝROBY FINÁLNÍHO MODELU

